# PRODUÇÃO DE UMA FIBRA DE QUALIDADE

**Cuidar da qualidade da fibra, da sua formação na planta até a comercialização**

No momento em que a Ampa implantou o programa "Qualidade de Fibra de Mato Grosso", as recomendações contidas nesse capítulo fazem-se ainda mais importante.

A qualidade da fibra é predefinida no momento da escolha da variedade e elaborada ao longo do crescimento da planta. Assim, no momento da colheita, todas as operações de colheita e pós colheita visam a preservar a qualidade obtida no campo. Essas operações, para serem realizadas adequadamente, além de conhecimentos e treinamentos, vão requerer o acesso a capital importante, tanto para os equipamentos de colheita como os de beneficiamento.

A qualidade da fibra — e sua valorização financeira — é definida em grande parte em função das exigências da indústria têxtil nacional e internacional. O produtor e os técnicos das fazendas precisam conhecer essas exigências para poder preservar as qualidades da fibra ao longo do processo produtivo e ter noções sobre o sistema de classificação da fibra usado para a comercialização.

**Sergio Dutra**
Tecnologia e sustentabilidade

**Jean Louis Belot**
IMAmt

# O Programa de Qualidade de Fibra de Mato Grosso

No Brasil, o setor agropecuário desempenha um papel relevante na economia, com reflexos diretos e indiretos nas demais áreas, em que a produção de grãos, fibras e energia tem proporcionado a sustentação da economia do país, atendendo ao mercado interno e às exportações.

O desenvolvimento da produção agrícola no Cerrado Brasileiro alcançou uma dimensão muito expressiva nas últimas décadas, e o algodão de Mato Grosso é parte integrante desse cenário. Segundo dados da Companhia Brasileira de Abastecimento (Conab), na safra 2013/2014, os cerrados responderam por 90,7% da produção nacional de algodão em pluma, sendo 56,2% somente em Mato Grosso.

Mas a visão dos cotonicultores mato-grossenses está além do sucesso nas estatísticas associadas ao crescimento e consolidação da cultura do algodão no Estado. Desde o início da implantação dos primeiros plantios, existe uma busca constante em produzir melhor e com qualidade.

Já em 2001, os pioneiros do algodão organizaram a muito bem-sucedida 1ª Semana da Qualidade do Algodão de Mato Grosso, que tinha como objetivo garantir a competitividade no mercado globalizado, com um produto identificado por seu padrão de qualidade.

Desde então, muitas iniciativas foram implementadas visando estimular os produtores a adotarem boas práticas em todas as etapas da cadeia produtiva, com a finalidade de fortalecer a marca do algodão de Mato Grosso, por meio da garantia de fornecer uma fibra com informações, prontamente disponíveis, sobre suas propriedades intrínsecas e monitorada em relação aos aspectos mais importantes para a indústria têxtil e para o consumidor final.

**O Programa de Qualidade de Fibra**

Assim, em 2012, com apoio financeiro do Instituto Brasileiro do Algodão (IBA), foi iniciado o Programa de Qualidade de Fibra do Algodão de Mato Grosso, sob a coordenação da Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (Ampa) e executado pelo Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt) com o apoio de uma série de instituições parceiras.

Entretanto, "qualidade" é um conceito subjetivo. O termo vem do latim qualitas, qualitatis e está relacionado às percepções de cada indivíduo. Quando tratamos de produtos e serviços, as necessidades e expectativas dos clientes influenciam diretamente nessa percepção.

Não basta o produto estar em conformidade com as exigências do mercado, mas precisa também apresentar diferenciais agregados, algo que produtos similares não possuam, gerando uma relação custo-benefício positiva.

Para tanto, o Programa da Qualidade de Fibra, em seu processo de estruturação, deparou-se com a necessidade de envidar esforços para o desenvolvimento de metodologias, indispensáveis para realizar o adequado monitoramento da qualidade a campo, na colheita, nas usinas de beneficiamento de algodão, na comercialização e o desempenho do algodão produzido em Mato Grosso no âmbito das indústrias têxteis.

Dentro desse conceito mais amplo da qualidade, um aspecto fundamental é a prevenção de acidentes de trabalho e incêndios. Nos trabalhos do Programa, essa iniciativa merece destaque, com a atuação permanente de uma equipe de técnicos de segurança do trabalho, os quais têm avançado na cobertura das Unidades de Beneficiamento de Algo-

dão a cada safra.

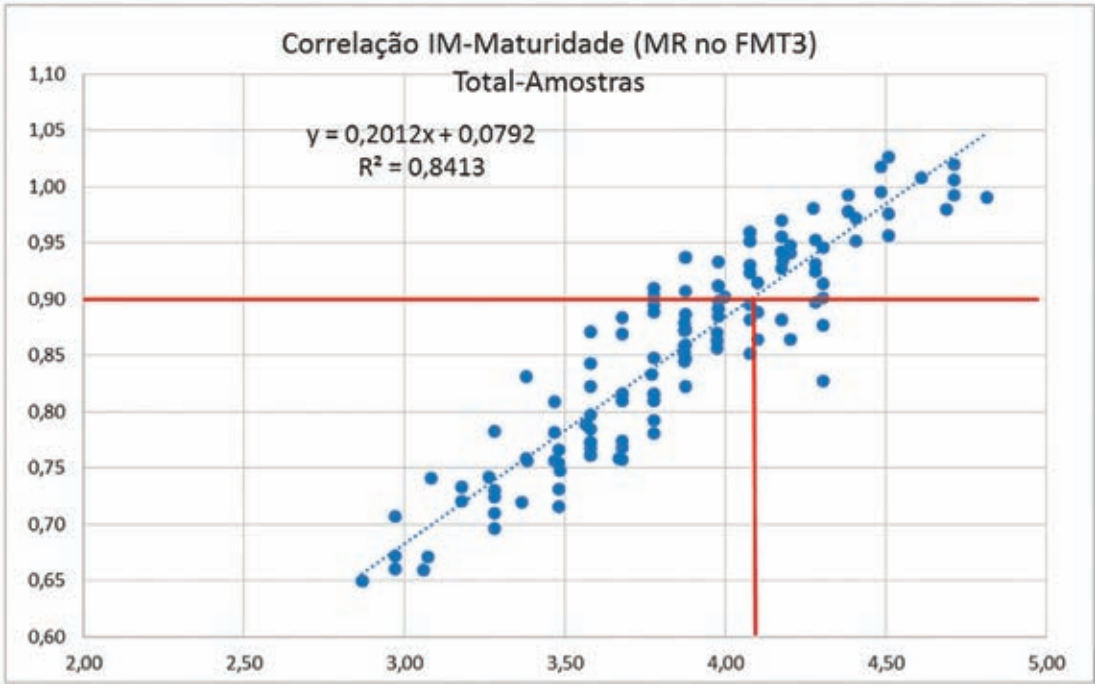
A primeira etapa do Programa foi concluída em janeiro de 2015 e, na presente publicação, apresentamos algumas informações relevantes obtidas ao longo de três safras, 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014.

O acompanhamento da qualidade de fibra do algodão de Mato Grosso junto às indústrias têxteis brasileiras, iniciado a partir de 2014, tem se mostrado muito promissor para a obtenção de novos parâmetros de qualidade. Essa visão norteou a equipe coordenadora do Programa para aprimorar as atividades desenvolvidas na primeira etapa, bem como propor novas ações voltadas à qualidade da fibra em consonância com as demandas do mercado.

Trata-se de um momento muito importante para a produção de algodão no país, pois se estima que para as próximas três safras haverá cerca de 20 novos cultivares de algodão no mercado. Como ainda não existem informações disponíveis sobre o comportamento desses materiais a campo, no beneficiamento e muito menos na indústria, um diferencial importante do Programa Qualidade de Fibra será o compartilhamento dos resultados com as empresas do segmento têxtil, que terão acesso aos resultados obtidos por meio de todas as análises de fibra que o Projeto vai realizar, as quais trarão dados fundamentais para eficiência dos processos industriais.

Como exemplo, citamos a avaliação do processo de tingimento, iniciada com ensaios junto ao Senai/CETIQT, para diferentes tipos de cultivares de algodão. Esse processo está sendo aprimorado junto às empresas têxteis, o que propiciará a obtenção de dados mais consistentes e com maior aceitação por parte da indústria. Nesta linha de raciocínio, destacamos o depoimento de Rogerio Segura (Tavex/Sourcing Director), logo após participar do 2º Workshop da Qualidade, realizado em 22 de agosto de 2014, em Cuiabá/MT.

"Ter oportunidade de expor e conhecer um pouco das questões técnicas e comerciais que envolvem este segmento nos ajuda na tomada de decisão e faz com que a indústria se antecipe e se prepare para o que está por vir. Essa informação de qualidade é percebida pela indústria como serviço e não deprecia em nada o produto; pelo contrário, ela nos direciona na tomada de decisão. Como exemplo posterior a este workshop e à visita guiada pelo IMAmt aos produtores locais, tivemos segurança para realizar alguns negócios e até aceitar algumas características que normalmente são percebidas como 'off std' pela indústria sem grandes deságios. Quando nos antecipam informações com transparência, podemos administrar bem várias situações. Seguramente, todos ganham com isso!" **Rogério Segura**




Este gráfico é resultado de 140 amostras de fibra (45 amostras de FM 993, 47 amostras de FM 701 e 48 da IMACD 6001 LL) enviadas para o laboratório do Cirad, na França, para análise no FMT3 (Finura e Maturidade Tester). Esse conjunto de dados indica uma boa correlação entre o nível de maturidade e o micronaire (IM), apesar de as três variedades possuírem finura de fibra muito diferentes.

(Foto: Renildo Mion)

Capulhos colhidos com umidade acima da recomendada

**Alguns resultados do Programa de Qualidade**

Dentre os resultados já consolidados, da primeira fase, destacamos:

- Geração de um conjunto de dados com amostragem de 20% dos talhões das safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014, disponibilizando informações objetivas sobre o comportamento de diferentes cultivares, em cada safra, gerando um banco de dados consistente, cujo principal objetivo é valorizar a fibra produzida em Mato Grosso.

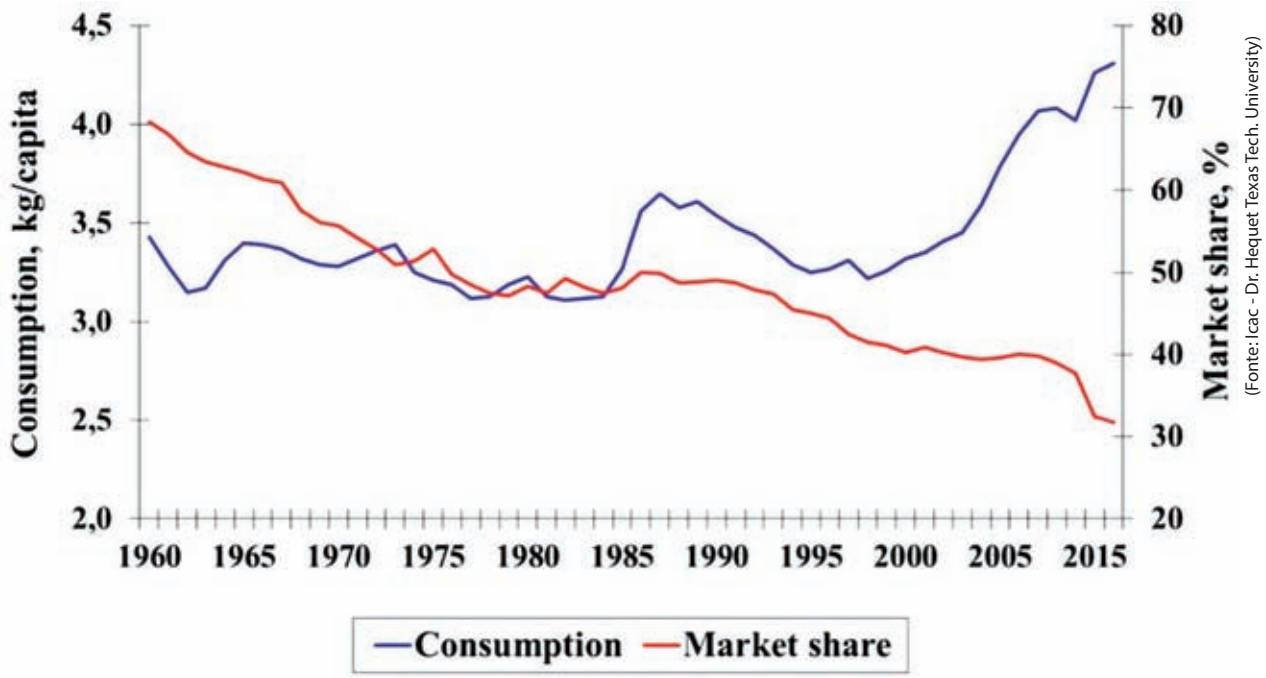
O Programa tem efetuado recomendações técnicas por meio de Notas Técnicas e Circulares Técnicas, que orientam os produtores e profissionais da cotonicultura sobre procedimentos para evitar a presença de açúcares pegajosos, bem como sobre a importância de medir a umidade da pluma ao longo da colheita.

- Foram realizados ensaios com diferentes tipos de colhedoras e várias regulagens, com intuito de monitorar o impacto da colheita na qualidade de fibra nas safras 2012/2013 e 2013/2014, os quais serão ampliados nas próximas safras, abrangendo um número maior de regiões, visando garantir a confiabilidade dos resultados a serem divulgados.
- Na safra 2013/2014, a equipe de segurança do trabalho e prevenção de incêndios conseguiu aplicar o check list em mais de 80% das 110 Unidades de Beneficiamento ativas em Mato Grosso. O check list é um acompanhamento detalhado de todas as etapas do beneficiamento do algodão, nas Usinas de Beneficiamento, no qual são indicados para o produtor e os gestores da área de segurança se o estabelecimento atende à legislação vigente. No caso de inconformidades, é elaborada uma orientação em que consta a NR (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE) ou legislação do Corpo de Bombeiros que regulamenta o assunto e que deve ser seguida.
- Uma estratégia bem-sucedida do Programa tem sido a realização de Workshops da Qualidade anuais. O primeiro foi realizado em março de 2013, e o segundo, em agosto de 2014. Ambos tiveram repercussão muito positiva com os cotonicultores mato-grossenses, bem como no âmbito dos profissionais que atuam na cadeia produtiva do algodão.

Inclusive a presença de profissionais da indústria têxtil tem crescido a cada ano, mostrando a importância do Programa da Qualidade de Fibra como elemento agregador de experiências e difusão de informações e resultados, permitindo o fortalecimento do segmento têxtil no país.

Também no 2º Workshop da Qualidade, em sua palestra, o professor e pesquisador dr. Eric Hequet, chefe do Department of Plant and Soil Science, da Texas Tech University, e diretor do Fiber and Biopolymer Research Institute, falou sobre a evolução do consumo mundial de fibra de algodão e da evolução do parque industrial têxtil mundial.

O pesquisador apresentou o gráfico abaixo, com os dados de consumo de fibras nos últimos 50 anos, destacando que a participação das fibras sintéticas no mercado total das fibras têxteis não parou de crescer, reduzindo o market share da fibra de algodão a uma participação ao redor de 32%, atualmente.




Consumo mundial per capita (em kg) e porcentagem de mercado da fibra de algodão no mercado mundial das fibras têxteis

Esse porcentual pode ser diferente em cada país. Em 2010, nos países desenvolvidos, o market share da fibra de algodão foi de 43,2%, enquanto nos países em desenvolvimento, essa participação foi de 26% (Icac, 2013).

Até poucos anos atrás, a fibra de algodão detinha mais de 50% do mercado total das fibras nos Estados Unidos. Porém, a previsão é que, já em 2015, o consumo das fibras sintéticas ultrapasse o das fibras de algodão naquele país, perspectiva acentuada pela queda significativa dos preços do petróleo.

Caso a tendência de participação da fibra de algodão no mercado vá se reduzindo gradativamente, como vem ocorrendo nas últimas décadas, a partir de certo nível, o algodão se tornará um mercado de nicho, com redução drástica dos investimentos dedicados a essa cadeia, como foi o caso da fibra de lã.

É com esse espírito de desafio e percepção da gravidade do cenário, presente e futuro, que os cotonicultores mato-grossenses estão redobrando seu empenho na busca de resultados técnicos e econômicos na segunda fase do Programa Qualidade de Fibra, que ora se inicia e cujas principais atividades se enquadram nos capítulos a seguir.

**Gustavo Pazetti**
UniRV

**Jerlei Fernando**
JF Consultoria

# Manejo de desfolha

O potencial de uma lavoura de algodão, seja em quantidade ou em qualidade de fibra, basicamente é determinado pelo cultivar, ou seja, pelo potencial genético. Na discussão do potencial genético, deve-se ter presente que quase sempre é impossível reunir na mesma variedade potencial produtivo elevado e qualidade de fibra associados a maior resistência ou tolerância a doenças, ou seja, toda vez que são obtidas variedades mais produtivas pelo melhoramento convencional, nem sempre o benefício vem agregado com maior qualidade de fibra, e quase sempre a resistência ou a tolerância é prejudicada. Especula-se que, até o momento, nem mesmo pela transgenia será fácil associar na mesma variedade atributos de produtividade com qualidade de fibra e elevada resistência ou tolerância a doenças.

Por trás do potencial genético, definindo maior ou menor produtividade, ou qualidade de fibra e maior ou menor resistência ou tolerância a doenças, existe um perfil interno de mensageiros químicos (hormônios e reguladores) produzidos pela planta. Alguns destes dão sinal verde para crescimento, desenvolvimento, manutenção da jovialidade e produtividade (auxina, citocinina e giberelina), enquanto outros determinam sinal vermelho (ácido abscísico e etileno); alguns ainda estão envolvidos com os mecanismos de defesa (brassinosteroides, jasmonatos, poliaminas e salicilatos). Todavia, vale ressaltar que os hormônios da planta não atuam isoladamente, mas, sim, de forma cooperativa e interativa, num balanço específico que varia de espécie para espécie, entre híbridos ou cultivares e também é influenciado por fatores bióticos (pragas e doenças) e abióticos (água, luz, temperatura e nutrição).

**Modulação hormonal como ferramenta de manejo**

Nesse contexto, a modulação hormonal da lavoura vem sendo considerada como a estratégia fitotécnica de manejo mais recente visando alta produtividade e qualidade de fibra. No entanto, é importante frisar que, na essência, a modulação hormonal não necessariamente significa aplicar hormônios à lavoura; vários são os trabalhos de pesquisa com aplicação de hormônios que, ao serem confrontados, mostram inconsistência de resposta, pois, na verdade, é preciso compreender que a resposta das plantas à aplicação de hormônios tem um componente genético dependente muito forte e pode ser influenciada pelo momento e pelas doses das aplicações.

Em princípio, a modulação hormonal consiste em administrar os hormônios naturalmente produzidos pela planta, adotando estratégias de manejo no sentido de obter-se e manter lavouras que permaneçam fisiologicamente ativas por mais tempo, ou seja, na quais as plantas apresentem maior habilidade para transformar água, luz e nutrientes em maior quantidade e qualidade de fibra ao longo do ciclo. O princípio básico para conseguir tal resultado reside em administrar a energia produzida pela planta, de forma a canalizar mais energia para crescimento e produtividade e reduzir o gasto energético com manutenção.

De toda a energia produzida entre os processos da fotossíntese e, principalmente, da respiração, o maior investimento da planta, por uma questão de sobrevivência, é com manutenção. Naturalmente, em qualquer ser vivo — e com a planta não é diferente — o gasto energético com manutenção é grande e é ainda maior quando a la-

voura é exposta ao estresse. O estresse, independentemente do tipo, seja por ataque de pragas ou doenças, hídrico, térmico, luminoso, nutricional, ou mesmo por dano fitotóxico, além de roubar mais energia da planta, reduz o tempo de vida útil das folhas, ou seja, provoca a senescência (envelhecimento) precoce da lavoura e, dessa forma, suprime substancialmente o potencial genético de produtividade e qualidade de fibra.

**Potencial genético e ambiente**

Para que o potencial genético se expresse, a lavoura deve receber distribuição hídrica, térmica e luminosa favorável ao longo do ciclo fenológico. Ou seja, em sentido mais amplo, o potencial produtivo e de qualidade de fibra não depende apenas do potencial genético da variedade cultivada, mas, sim, do sistema de produção, definido basicamente pela interação entre o potencial genético com o ambiente do cultivo e com o manejo adotado, como exemplificado na *Figura 1*.

A distribuição hídrica, térmica e luminosa, é determinada por altitude, latitude e longitude da região onde a lavoura é cultivada, e pode ser mais bem administrada pela data da semeadura (safra ou safrinha). Além destes dois sistemas, o espaçamento, a população e distribuição espacial de plantas, se condição irrigada ou de sequeiro, se cultivo convencional ou semeadura direta, se monocultivo, sucessão ou rotação e se adota cultivo tradicional ou adensado também são componentes importantes do vértice ambiente que podem influenciar na expressão do potencial genético.

No vértice manejo, com prioridade absoluta, deve ser dado destaque à construção de um perfil físico, químico e biológico que seja um reservatório nutricional adequado e também um reservatório de água em profundidade, ou seja, que permita maior formação de raízes e que não contrarie o sentido geotrópico positivo do crescimento radicular do algodão em buscar, desde cedo, água nas camadas profundas.

O manejo de ervas na dessecação, pré e pós-emergência, a qualidade fisiológica e sanitária da semente, a plantabilidade (velocidade e distribuição de sementes), o manejo adubacional — se a lanço ou no sulco — e a adubação foliar também são pilares importantes do vértice manejo.

**Figura 1.** Potencial produtivo resulta da interação entre genética, ambiente e manejo

**O papel das folhas**

Entretanto, existem mais dois pilares básicos, decisivos; são eles: a preservação da área foliar, mantendo-a fisiologicamente ativa por mais tempo, e a desfolha em momento oportuno.

Na fase fenológica que compreende da emergência até a emissão dos primeiros botões florais, quando a planta dá preferência para investir mais energia em crescimento radicular do que em parte aérea, uma desfolha precoce repercute diretamente em desbalanceamento funcional e hormonal da planta. Isso porque, para crescer sempre, o sistema radicular dependerá da energia produzida

pelas folhas. Com menor área foliar, haverá menor biomassa de raízes e, assim, grande restrição para absorção de água e de nutrientes, e por serem as raízes a fábrica exclusiva da citocinina, hormônio que patrocina a divisão celular, o que garante a manutenção da clorofila (citocinina) e evita a síntese do etileno (hormônio da senescência entre outros), haverá menor crescimento de parte aérea e envelhecimento precoce.

As folhas no algodoeiro representam a matriz energética da planta, na qual é produzida toda a energia que garante sua manutenção, o crescimento vegetativo (raiz e parte aérea) e também formação, crescimento e maturação dos frutos. Os frutos, apesar de serem verdes (possuírem clorofilas) e terem estômatos (porta para a entrada de CO2, matéria-prima para a formação do caroço e fabricação da celulose da fibra), são incapazes de autossustentar-se, ou seja, não produzem o alimento que precisam para crescer, maturar e transformar-se em capulhos.

Diversos trabalhos de pesquisa têm mostrado que até 45 DAE, o algodoeiro não suporta grandes perdas de área foliar, tendo sido registradas perdas de produtividade que variam de 21% a 35%. Outros trabalhos têm mostrado que, caso ocorra 50% de desfolha até a formação das maçãs, poderá ocorrer redução de 14% da produção e, se a partir dos 85 dias após a emergência ocorrer destruição de botões florais e maçãs igual ou superior a 33%, diminuirá sensivelmente a capacidade de recuperação produtiva da lavoura. Portanto, o significado fisiológico das folhas para o algodoeiro não está relacionado apenas ao montante da fibra produzida, mas também à qualidade da fibra produzida. A partir dos botões florais e durante toda a fase de florescimento e frutificação, precisa ser estabelecido como prioridades absolutas, garantir o gerenciamento energético adequado mediante o manejo com reguladores de crescimento, evitar a destruição de estruturas reprodutivas ou o aborto por estresse nutricional e também evitar a desfolha e o desgaste fisiológico por doenças.

**A desfolha da planta**

Cabe então a pergunta: qual é o momento mais oportuno para fazer a desfolha?

Nas fazendas, diversas recomendações empíricas têm surgido: 60-70% ou 70-80% de abertura de capulhos. A resposta correta a tal indagação depende do conhecimento da relação fisiológica entre o fruto e as folhas e, também, do período de crescimento e do período da maturação do fruto, ou seja, quando todas as características da fibra estiverem definidas, e a folha não tiver mais nenhuma obrigação com o fruto.

A relação fisiológica entre fruto e folhas é de total dependência, logo, uma desfolha precoce, por exemplo, com 60-70% de capulhos abertos, fatalmente comprometerá a qualidade da fibra dos frutos que ainda são imaturos.

A partir da fecundação da flor, tem início a embriogênese, ou seja, a formação da semente (caroço); começa também o crescimento da fibra em comprimento. Na média, a fibra define 90% de seu comprimento máximo num período de 25-28 dias. Posteriormente, por mais um período que varia de 25 a 28, ocorre a maturação, quando se definem todas as características intrínsecas da fibra. Os períodos do crescimento e da maturação da fibra são sensivelmente influenciados pela temperatura. Em locais de maior altitude, onde as temperaturas são mais amenas, têm sido registrados maiores períodos do que em locais de menor altitude, onde a amplitude térmica diária é menor.

Diante do exposto, fica evidente que a desfolha deverá ser feita, quando o último fruto (maçã) que compense ser colhido, em termos de tamanho, esteja

fisiologicamente maduro. Consideram-se frutos fisiologicamente maduros aqueles que apresentam rigidez e consistência elevadas, oferecendo resistência ao corte transversal com canivete e, quando finalmente são assim cortados, as metades exibem sementes (caroços), cujo tegumento (casca) apresenta coloração escura e, em estádio mais avançado de maturação, apresenta coloração preta, como ilustrado na *Figura 2*.

Existe outro indicador fisiológico seguro para efetuar a desfolha: quando a última maçã que compense ser colhida estiver localizada quatro nós acima do último capulho aberto. Esta recomendação de desfolha está fundamentada em estudos que demonstram que as maçãs localizadas até o quarto nó acima do último capulho são fisiologicamente maduras (*Figura 3*).

Entretanto, vale ressaltar que essa informação deverá ser considerada absolutamente verdadeira apenas se houver bom nível de enfolhamento e a área foliar estiver fisiologicamente ativa, ou seja, se não existir desfolha por lagarta ou ramulária, ou mesmo desgaste prematuro da área foliar por qualquer outro tipo de estresse.

## Desfolha química

Outro aspecto notável a ser diferenciado na desfolha é o dos produtos que são usados para este fim. Existem desfolhantes com ação hormonal, que estimulam a queda de folhas ainda verdes e, que em alguns casos, dependendo do nível de enfolhamento, garantem desfolha de até 90% em apenas sete dias. Também existem os denominados herbicidas dessecantes e os erroneamente chamados maturadores, quando, na verdade, deveriam ser chamados promotores de abertura de capulhos, tendo em vista que a recomendação correta do seu uso deve levar em consideração que as maçãs têm de estar fisiologicamente maduras, já que estimular a abertura precoce de maçãs fisiologicamente não maduras repercute negativamente em perdas de produção e em qualidade de fibra, especialmente no tocante ao micronaire.

O uso de herbicidas dessecantes deve ser evitado, especialmente no cultivo adensado, visto que eles causam a morte das folhas por contato, as quais secam, mas, em sua maioria, não se desprendem da planta, ou, quando se desprendem devido ao menor peso, não caem, e, se caem,

(Fonte: EMBRAPA)

**Figura 2.** Frutos em diferentes estádios de maturação

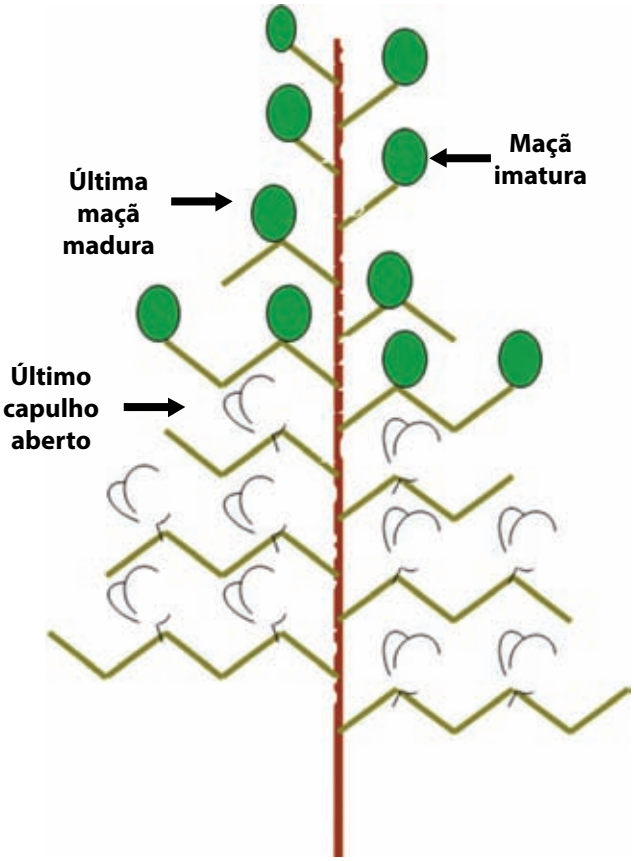



**Figura 3.** Determinação da posição da última maçã madura

existe a possibilidade de ficarem aderidas à fibra dos capulhos abertos, o que repercute em fibra mais suja, com presença de pedaços de folhas ("pimentinha") oriundos da folha seca que não se desprende que ao ser esmagada pela colheitadeira contamina a fibra.

Embora os promotores de abertura de capulhos — erroneamente denominados de maturadores

— não sejam tão eficientes na desfolha, dependendo do nível de enfolhamento, podem ser utilizados sozinhos ou misturados com desfolhantes ou dessecantes. Vale lembrar que o promotor de abertura de capulhos, para exercer seu efeito, precisa entrar em contato com o alvo (fruto) e, assim, constando-se maturação fisiológica das últimas maçãs que compensam ser encolhidas e havendo bom nível de enfolhamento na lavoura, primeiro, recomenda-se proceder à desfolha e entre 10 e 14 dias após, se necessário, aplica-se o promotor de abertura de capulhos.

Por outro lado, é importante ter em mente que o desenvolvimento da planta e o efeito dos produtos com ação hormonal (desfolhantes e promotores de abertura de capulhos) são muito dependentes de temperatura e também do estado hídrico da planta. Assim, o estado hídrico da planta no momento da aplicação e os regimes térmicos que ocorrem após a aplicação destes produtos poderão comprometer sua eficácia. Existindo previsão meteorológica de temperaturas máximas acima de 32°C, pode ser aplicada uma dose menor do produto. Caso as temperaturas máximas esperadas estejam entre 23°C e 32°C é possível optar pela dose normal e, se as temperaturas máximas esperadas forem menores que 22°C, em princípio, não se recomenda a aplicação ou se usam doses mais elevadas.

Após a aplicação dos desfolhantes e/ou promotores de abertura de capulhos, a lavoura deve ser colhida assim que possível, pois a demora, além de resultar em perda de peso por desidratação excessiva, pode tornar a fibra quebradiça, aumentando a porcentagem de fibras curtas e, assim, a perda da qualidade da fibra.

Os produtos e respectivas doses disponíveis para desfolha, dessecação e promoção da abertura de capulhos são apresentados na *Tabela 1*, ressaltando-se que as doses variam conforme monitoramento de porcentagem de aberturas, número de nós do último capulho aberto, variedade, época de plantio, capacidade de colheita entre outros fatores de manejo, como o clima, citado acima.

**Tabela 1.** Produtos utilizados como promotor de abertura ou desfolhador na cultura do algodoeiro

| | | |
|---|---|---|
| Finish – promotor abertura | etefon/ ciclanilida | 1,5-2,5 lt/ha |
| Drop ultra- desfolhador | tidiazuron/ diuron | 0,3-0,5 l/ha |
| Aurora-desfolhador | carfentrazona | 0,05-0,08 l/ha |
| Kabuki- desfolhador | piraflufem-etilico | 0,08-0,12 l/ha |
| ***Observação**: Com Aurora e Kabuki, acrecentar 0,5% de óleo mineral* | | |

# Uso adequado das colheitadeiras

**Renildo Mion**
UFMT

**Jean Louis Belot**
IMAmt

**Cíntia Michele de Campos Baraviera**
UFMT

**Nayra Fernandes Aguero**
UFMT

Em Mato Grosso, toda a produção de algodão é colhida mecanicamente. Na safra de 2013/2014, com 645.916 ha plantados, 64.454 ha foram conduzidos em sistema com linhas estreitas, inferiores a 0,50 m (Fonte: Ampa, 2014). Com exceção dessas lavouras "adensadas", geralmente colhidas com máquinas de tipo "stripper", de plataformas de pente, todo o resto do algodão de Mato Grosso é colhido com máquinas de tipo "picker". As máquinas "picker" de "rolinho" da John Deere (*Figura 1*) estão cada vez mais ocupando o mercado, substituindo as máquinas com cestos.

O modo de operar as diversas máquinas, sua manutenção e regulagem são de fundamental importância na preservação da qualidade da fibra.

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 1.** Máquina JD 7760

## 1. Plataformas de colheita

### 1.1. Plataformas de colheita de fusos "picker"

Mais de 90% do parque de colheitadeiras do tipo "picker" são da marca John Deere, o restante, da marca Case IH. As máquinas da marca nacional Montana não são mais comercializadas. Todas as possuem praticamente a mesma teoria de funcionamento, e o grande diferencial está em suas unidades recolhedoras. A Case possui unidades com tambores direito e esquerdo, e a John Deere, unidades em linha, somente com tambores do lado direito, conforme a *Figura 2*.

A pluma de algodão da linha vem de encontro à unidade e, quando o algo-

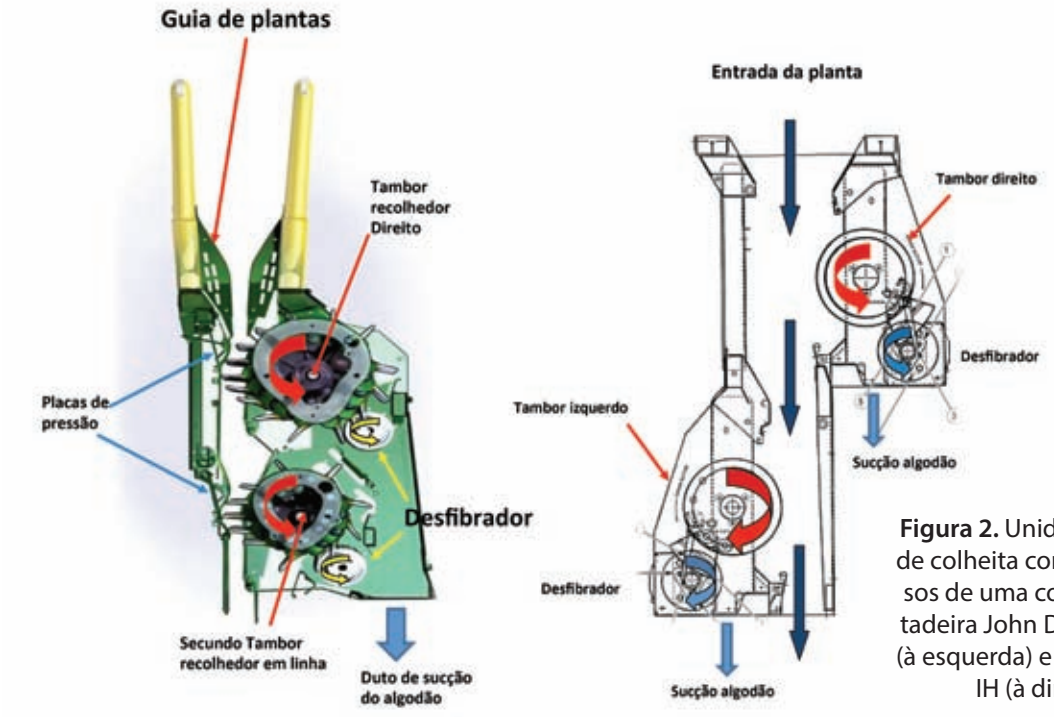



**Figura 2.** Unidades de colheita com fusos de uma colheitadeira John Deere (à esquerda) e Case IH (à direita)

dão entra em contato com os fusos recolhedores, as placas laterais passam a pressionar a planta sobre as barras de grade (costelas) que geram uma divisão de fluxo de algodão. Os tambores são equipados com barras de fusos articulados, que, com movimentos de rotação, extraem o algodão dos capulhos com o mínimo possível de impurezas.

Dependendo do modelo da máquina, as barras podem conter entre 18 e 20 fusos. Depois de enrolar o algodão, e por meio de um sistema de pista (trilho ou came), as barras deslocam os fusos até o eixo desfibrador. O desfibrador de alta rotação faz o giro anti-horário de 180 graus sobre o fuso, retirando a maioria do algodão, mas ainda sobram minúsculos restos de fibrilha, que são retirados pelas escovas (sistema umidificador). No sistema em linha, os tambores giram no sentido anti-horário, e o fuso no sentido horário. Após esse processo, o algodão é transportado por dutos por sucção, gerada por uma corrente de ar criada pelo ventilador do sistema de ar.

(Foto: John Deere)

**Figura 3.** Unidade Pro 12 VRS para colheita de linhas de 0,38 a 0,50m

### 1.2. Plataforma de fusos picker "PRO VRS"

As unidades com espaçamento variável (VRS) têm capacidade de colher linhas mais estreitas. Um mecanismo de corte à frente e à direita do tambor com os fusos corta a linha, direcionando este material para a linha sem cortes. As linhas que não foram cortadas são colhidas de forma normal com os fusos. As máquinas equipadas com estas plataformas podem colher linhas de 0,45 m a 0,50 m de espaçamento (*Figura 3*). Nesse caso, uma linha é cortada, e as plantas são jogadas com as plantas da linha lateral para serem colhidas nos mesmos tambores de fusos.

Este tipo de plataforma, quando comparada ao sistema de colheita "stripper" pente e escova, apresenta menor quantidade de casquinhas e impurezas.

(Foto: Jean Louis Belot)

### 1.3 Plataformas "stripper"

As plataformas de colheita do tipo "stripper" presentes no Estado de Mato Grosso para colher o algodão de sistema adensado, semeado com espaçamentos que variam entre 0,30 m e 0,50 m, consistem no arranquio dos capulhos inteiros da planta, direcionando-os para o cesto da máquina, na maioria das vezes depois de uma etapa de pré-limpeza do algodão em caroço, por meio de um limpador de tipo HL posicionado em cima da máquina.

Portanto, o sistema de colheita do tipo "stripper" é não seletivo e extremamente agressivo pela ação vigorosa dos dentes e do molinete ("stripper" de pente) ou das escovas ("stripper" de escovas) sobre as plantas, removendo grande quantidade de impurezas, o que torna necessária a instalação de unidades de limpeza eficientes na própria colhedora, além de sistemas de limpeza da fibra após o beneficiamento.

Existem dois tipos de plataformas de colheita do tipo "stripper":

#### 1.3.1 Plataformas do tipo escova

A plataforma de escovas (*Figura 4*) trabalha com um conjunto de eixos rotativos equipados com seis jogos de escovas ou borracha para retirada do algodão da planta. São dimensionadas para colher 10, 16 ou 18 linhas de algodão espaçadas em 0,45 m, ou seja, sua largura de trabalho varia entre 4,5 m e 8,1 m. A colheita é realizada linha a linha, e as plantas passam entre duas guias; em um ou nos dois lados existe uma barra equipada de "escovas" com movimentos centrífugos arrancando o algodão juntamente com os capulhos, que são transportados por uma rosca sem fim até um duto de sucção, conforme apresentado na *Figura 4*.

Poucas plataformas do tipo "escova" foram comercializadas no Brasil, principalmente pelo fato de que seria necessário compatibilizar o número de linhas das plantadeiras com o número de linhas das colheitadeiras. Porém, as avaliações realizadas por IMAmt e Cotimes mostraram boa eficiência dessas plataformas, mesmo em condições de colheita não ideais (altura de plantas excessivas, lavoura suja).

#### 1.3.2 Plataformas do tipo "pente"

A ação do pente e do molinete so-

(Fotos: Jean Louis Belot)

**Figura 4.** Dois tipos de tambor de colheita 'stripper' de escovas

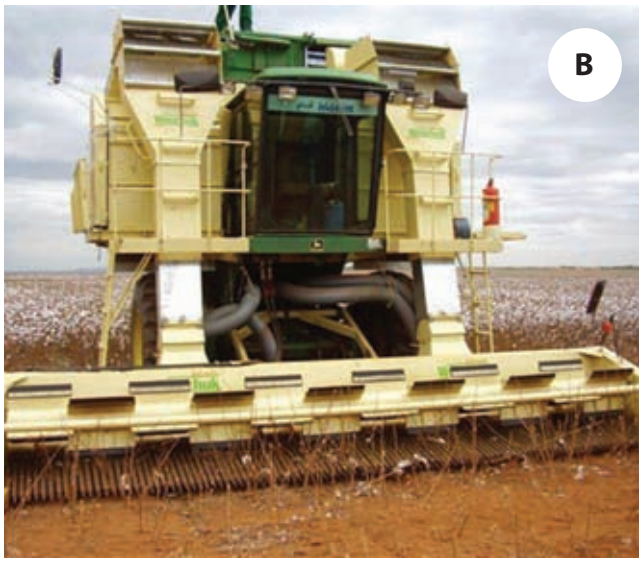
(Fotos: Jean Louis Belot)

**Figura 5.** Plataforma de pente e planta depois da colheita

bre as plantas retira os capulhos abertos e não abertos, algumas ramificações laterais das plantas, as casquilhas e, eventualmente, algumas folhas, deixando só seu talo (*Figura 5*). Representam a maioria dos sistemas de colheita do algodão conduzido no sistema de linhas estreitas, principalmente em razão da simplicidade em sua operação e manutenção.

Diversas empresas comercializaram plataformas do tipo "pente", com diferentes larguras, sistemas de transmissão (mecânico ou hidráulico) e de limpeza, conforme *Figura 6*.

(Fotos: Jean Louis Belot)




(Foto: Emilio Pereira)

(Fotos: Jean Louis Belot)

(Fotos: Jean Louis Belot)

**Figura 6.** Diversos modelos de colheitadeiras stripper de 'pente' (A- Busa; B- Wouchuck ; C- Montana; D- Dalazen)

A maioria dessas colheitadeiras "stripper", tanto de escova como de pente, são equipadas com limpadores de algodão tipo HL em caroço na própria máquina. Porém, algumas fazendas optaram por realizar a colheita sem HL, agilizando-a, mas transportando um algodão carregado em impurezas até a algodoeira, onde ele será beneficiado com sistemas de limpeza reforçados.

Recentemente, algumas plataformas têm apresentado um limpador em si mesmas (*Figura 7*).

## 2 Principais recomendações para uma colheita de qualidade

Para realizar uma colheita de qualidade, é necessário respeitar várias recomendações, desde o manejo da lavoura até as operações de colheita.

### 2.1 Preparação da lavoura para a colheita

A escolha da variedade pode incidir na qualidade da colheita. Características como pilosidade das folhas, tamanho das brácteas ou aderência do algodão ao capulho podem afetar tanto a carga de impurezas do algodão, como a eficiência da colheita e a porcentagem de perdas.

Como comentado nos capítulos anteriores deste manual, manejo de altura das plantas, lavoura limpa — sem plantas daninhas — e desfolha adequada têm papel importante na qualidade da colheita. É importante ainda ressaltar que a contaminação do algodão por picão-preto pode gerar descontos significativos no momento da comercialização.

No caso de colheita com plataformas de pentes, a regularidade de distribuição de plantas na linha é muito importante para que elas não emitam ramos vegetativos compridos e engrossados. A altura do primeiro capulho em relação ao solo pode ser fator importante de perda na colheita, mas pode ser manejada por meio da densidade de plantas na linha.

### 2.2 Manutenção das máquinas

Grandes problemas de falhas prematuras e de baixo desempenho poderiam ser evitados se os encarregados pelo maquinário optassem por fazer o uso correto dos manuais técnicos dos equipamentos. Esses manuais revelam particularidades como especificações de lubrificantes, produtos nocivos à pintura, chapas metálicas ou plásticas, bem como a maneira correta de limpeza e manutenção da eletrônica embarcada, cada vez mais presente nos equipamentos agrícolas.

(fotos: Jean Louis Belot)

**Figura 7.** "Stripper" de pente, equipado com limpador na plataforma de colheita

Constam também informações sobre a frequência das manutenções e consumos de combustível e água/detergente para o sistema umidificador, entre várias outras.

**2.3 Regulagens gerais das máquinas**

Trataremos aqui principalmente da regulagem das máquinas de tipo "picker" com fusos. Muitas informações e figuras foram extraídas dos Manuais da John Deere.

Após a manutenção básica diária da máquina, como lubrificação e abastecimento, começa a verificação técnica dos mecanismos operacionais da colhedora de algodão: unidades de colheita (tambores), dutos de saída e tubos de elevação, turbinas de ar, pentes de limpeza e telas do cesto, sistema de descarregamento e proteção contra incêndio. A correta calibragem dos pneus vai garantir que a estabilidade da máquina e a altura de colheita nas linhas de extremidade se mantenham, principalmente em máquinas montadas para colher em espaçamentos largos.

**2.3.1 Recomendações gerais de regulagem**

As unidades de uma colhedora de algodão devem ser inclinadas para facilitar a retirada do algodão dos capulhos do baixeiro da planta (*Figura 8*). A parte inferior da unidade deve estar a aproximadamente 25 mm acima da superfície do solo. A adequação desta inclinação deve-se ao fato da ocorrência de um ligeiro movimento vertical relativo entre a entrada e saída das plantas colhidas. Esta inclinação faz com que haja alinhamentos diferentes dos eixos dos fusos dos tambores dianteiros e traseiros, fazendo com que entre em contato com todas as alturas das plantas, proporcionando maior eficiência na colheita, além de proporcionar um alívio na carga de lixo na parte traseira, reduzindo o acúmulo de folhas e restos vegetais.

O tambor dianteiro deve colher 19 mm mais baixo que o traseiro. Ele já vem ajustado de fábrica nesta medida, que é de 584 mm de centro a centro do pino. A medida deve ser ajustada no campo, principalmente quando a colheita for feita em solos macios.

(foto: Jean Louis Belot e John Deere)

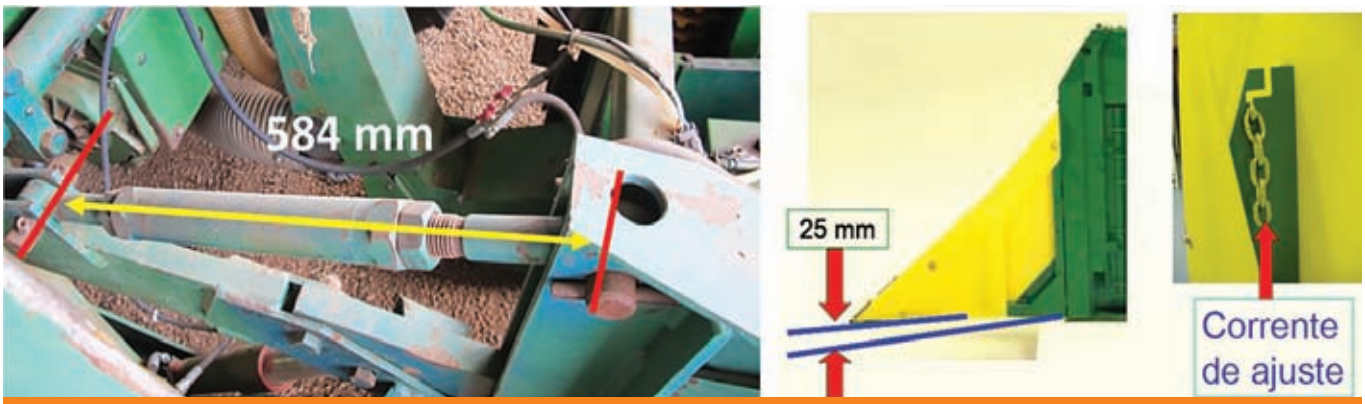



**Figura 8.** Ajuste de inclinação das unidades de colheita

### 2.3.2 Tambores

Eles são os elementos principais para a colheita do algodão, portanto precisarão de várias regulagens. Para funcionamento adequado, é necessário que o sistema umidificador seja corretamente regulado; o controle automático de altura deve estar ajustado para trabalhar adequadamente na lavoura a ser colhida.

### 2.3.3 Dutos de saída e tubos de limpeza

Eles devem estar livres de graxa e restos de plantas, evitando embuchamento. Devem também estar bem fixados, pois este sistema trabalha a vácuo, o que garante a sucção do algodão na primeira porção, evitando o desgaste excessivo dos desfibradores e embuchamentos.

### 2.3.4 Turbinas de ar

Verificar a tensão das correias e a lubrificação das turbinas conforme o manual da máquina.

### 2.3.5 Pentes de limpeza e telas do cesto

Os pentes de limpeza são, com as telas, responsáveis pela limpeza do algodão já colhido. É importante regulá-los para que o algodão percorra o máximo da área de limpeza oferecida pelos pentes.

### 2.3.6 Sistema de descarregamento e proteção contra incêndios

A tensão das correntes descarregadoras deve ser verificada para garantir que elas não saiam das guias. Verificar o sistema de proteção contra incêndio.

### 2.4 Regulagens específicas

### 2.4.1 Placas de pressão

As placas de pressão devem pressionar as cápsulas vegetais e o algodão aberto contra os fusos. Elas devem ter a capacidade de afastar-se e proteger os fusos dos danos causados pelos grandes volumes de plantas, talos de grande diâmetro ou pedaços de pedras que passam por cada unidade de linha. As placas são articuladas e apoiadas por molas ajustáveis, e o aperto dos eixos das molas de retenção aumenta a pressão aplicada na placa. Em algumas condições, há necessidade de colocação de placas de raspagem pela parte interna da placa de pressão, promovendo um contato mais agressivo dos capulhos na entrada e saída das plantas.

(fonte: Case)

**Figura 9.** Circulação do ar nos dutos da colheitadeira

As condições de cultivo do algodão são diferentes nas diversas regiões do Estado de Mato Grosso. As plantas de algodão cultivadas em condições secas tendem a ser mais curtas e largas, com a maior parte da produção concentrada na parte inferior em 0,50m. Às vezes, a passagem de grande volume de algodão concentrado no meio das unidades faz com que aumenta a perda a campo. As recomendações gerais são inicialmente de ter as placas de pressão muito soltas, e depois, apertar elas conforme necessário para melhorar a eficiência da colheita.

Se a lavoura apresenta um estande homogêneo de maturação, a regulagem da pressão das placas compressoras deve ser de forma que retirem o máximo de plumas, sem atacar mecanicamente a planta, pois, assim, ela soltará galhos e restos de capulhos, diminuindo a qualidade do produto. Se as placas estiverem

**Figura 10.** Regulagem das placas de pressão*

*As regulagens das placas de pressão são de dois furos na frente e três furos atrás para a primeira apanha. Uma vez que aproximadamente 75% do algodão é colhido no tambor dianteiro, deve-se manter maior pressão atrás. Para o algodão muito adensado, recomenda-se iniciar com pressão menor, ou seja, 1,5 orifício na frente e dois atrás. Caso seja necessário, aumentar em incrementos de 1/2 orifício, iniciando-se pelo tambor traseiro.

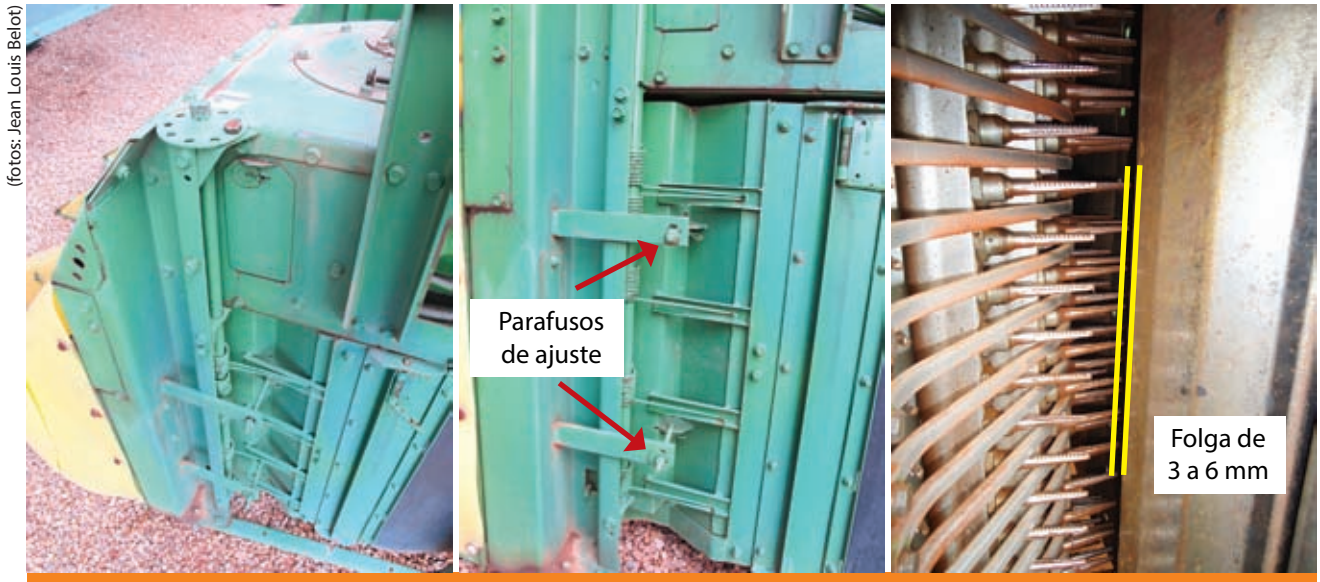



**Figura 11.** Regulagem da folga entre fusos e placa de pressão

com uma pressão muito alta, elas podem derrubar os capulhos ainda com as plumas, aumentando as perdas antes da colheita. Como os rotores dianteiros colhem em média 75% do algodão, um operador prudente regula as placas traseiras sempre um pouco mais apertadas, pois a planta vai chegar mais 'magra' aos rotores traseiros.

### 2.4.2 Folga entre a placa de pressão e o fuso

A folga entre os fusos e as placas de pressão deve ser de 3 a 6 mm (*Figura 11*). Recomenda-se deixar em torno de 4 mm. Caso esse espaço seja menor do que o especificado, os fusos podem tocar nas placas e provocar fagulhas e início de incêndio no algodão em caroço colhido.

Quanto mais pressão a placa dianteira tiver, maior será a eficiência na retirada da pluma, porém, maior será também a presença de galhos e impurezas (casquinhas e folhas) no algodão colhido. Por isso é necessário regular a placa de acordo com as características da variedade, da produtividade e da altura da cultura, de forma a reduzir as perdas quantitativas e qualitativas do algodão.

### 2.4.3 Placas de raspagem

Recomenda-se a instalação das placas de raspagem somente no tambor traseiro em circunstância em que a fibra for difícil de retirar do capulho (presença de carimã ou algodão escorrido), portanto, quando a máquina for montada nova, não instalar esta placa e, sim, verificar, primeiramente, as condições do algodão.

Com a placa de raspagem instalada (*Figura 13*), põe-se carga nos desfibradores e fusos, o que ocasiona também um desgaste acentuado. Sempre verificar se há folga suficiente entre os fusos e as placas, se estas forem instaladas.

### 2.4.4 Desfibradores

A função dos desfibradores é a de remover o algodão em caroço dos fusos com um desenrolamento, limpando e tirando em direção à extremidade do eixo. A velocidade de superfície do pente é muitas vezes mais rápida do que a da superfície de rotação do eixo.

Ajuste da altura dos desfibradores:

1º passo (*Figura 13*): coloque uma barra na posição de regulagem, indicada pelo rasgo no chassi da unidade.

2º passo: usando uma chave 36 mm, solte a contraporca superior e, em seguida, gire o parafuso central em ambos os lados (*Figura* 14A), sempre observando sua folga em relação ao fuso.

Os desfibradores devem manter uma distância de aproximadamente 1 mm em relação ao fuso, conforme *Figura 14* e, quando estiverem desgastados, a coluna deve ser retirada e levada para ser lixada em uma bancada especial.

### 2.4.5 Ajuste de barra de grade (costelas)

Depois da revisão, deve-se sempre verificar a distância das costelas em relação ao fuso (*Figura 15*), porque qualquer atrito pode resultar em início de incêndio. Elas podem ser reguladas soltando-se os parafusos da lateral, com o uso de chave 15 mm.

Os fusos trabalham com as costelas para executar a limpeza centrífuga,

(fotos: Jean Louis Belot)

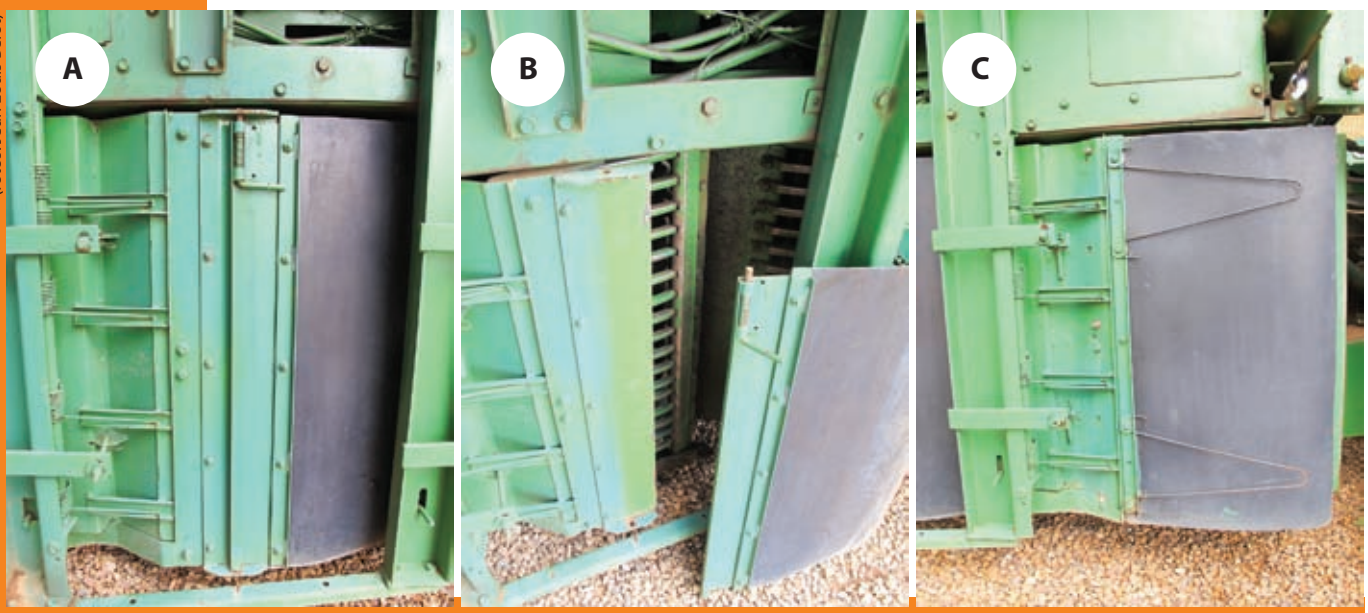



**Figura 12.** Placa de raspagem no tambor dianteira (A), desmontada (B) e montada no tambor trazeiro (C)

muito parecida com um descaroçador de algodão. Essas dicas serão úteis para manter uma boa colheita:

- As costelas mal-espaçadas, danificadas ou soltas podem entrar em contato com os fusos, contribuindo para aumentar o desgaste e provocar incêndios.
- A ausência de costela(s) deixará passar galhos, folhas e outros contaminantes no momento da colheita, produzindo um algodão sujo.
- Inspecionar os suportes e os parafusos nas extremidades das costelas quanto ao desgaste e, caso, seja necessário, providenciar a substituição.

(foto: John Deere)

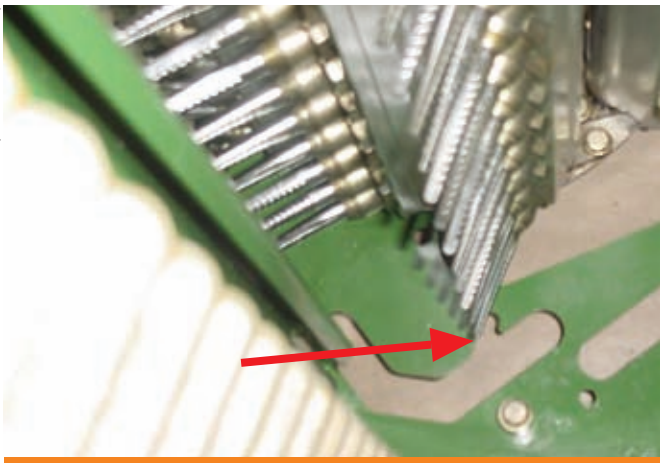
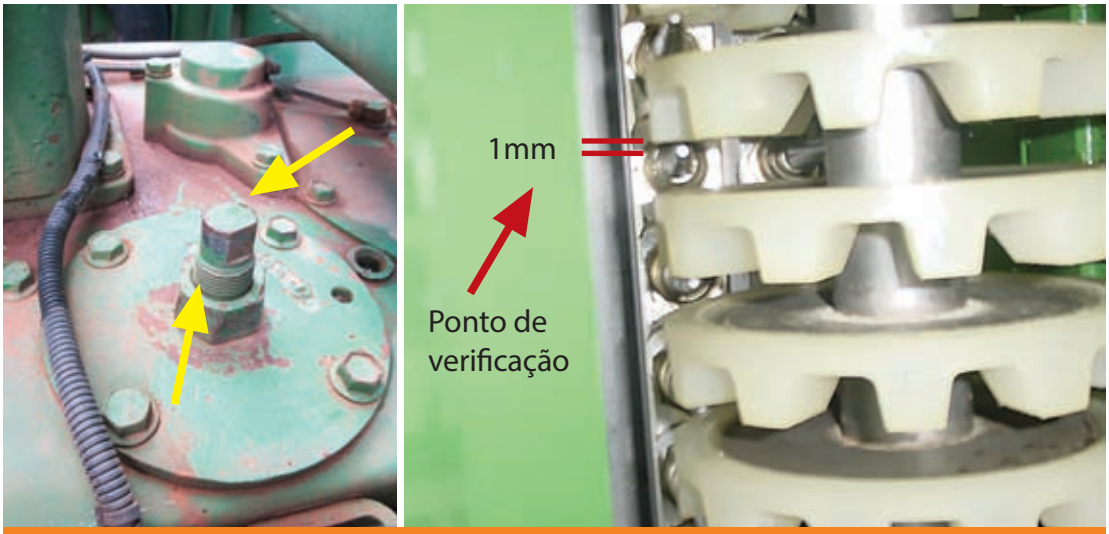


**Figura 13.** Barra de fusos na posição de regulagem

(Foto: Jean Louis Belot)




(Foto: John Deere)

**Figura 14.** Ajustes entre fusos e desfibradores

Os fusos trabalham com as costelas para executar a limpeza centrífuga, muito parecida com um descaroçador de algodão. Essas dicas serão úteis para manter uma boa colheita:

- As costelas mal-espaçadas, danificadas ou soltas podem entrar em contato com os fusos, contribuindo para aumentar o desgaste e provocar incêndios.
- A ausência de costela(s) deixará passar galhos, folhas e outros contaminantes no momento da colheita, produzindo um algodão sujo.
- Inspecionar os suportes e os parafusos nas extremidades das costelas quanto ao desgaste e, caso, seja necessário, providenciar a substituição.

(foto: Jean Louis Belot)

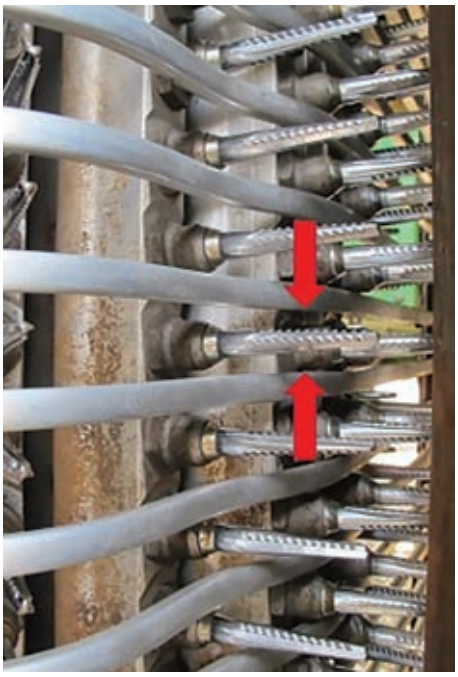


**Figura 15.** Posicionamento dos fusos entre as barras

### 2.4.6 Levantadores de baixeiro (guia de plantas)

Os levantadores de plantas devem flutuar de acordo com o relevo da superfície do solo, guiando suavemente os capulhos abertos da parte inferior da planta para a unidade. Eles precisam estar regulados a uma altura de 25 mm da superfície do solo; entretanto, o operador deverá ficar atento à presença de impurezas. Não se recomenda instalar estes levantadores quando a carga da planta for suficientemente alta.

### 2.4.7 Ajuste da altura da coluna umidificadora

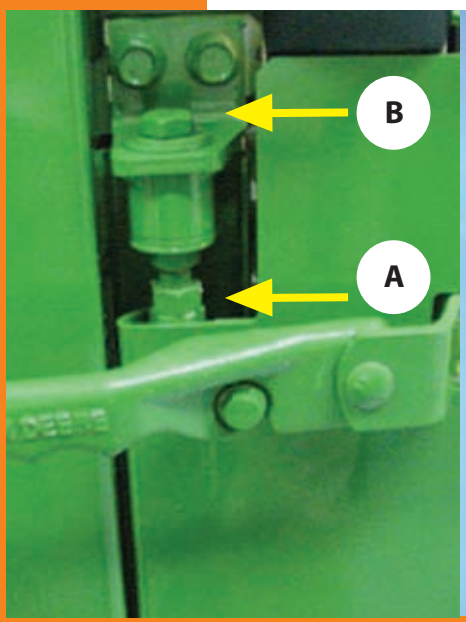
O objetivo do sistema de umedecimento do fuso é promover limpeza constantemente sobre os eixos para remover gomas e resinas das plantas. Essa limpeza ajuda a manter os fusos agressivos e torna mais fácil a retirada da pluma. A solução remove os resíduos de plantas e de pluma, bem como realiza uma limpeza no fuso. Uma solução de limpeza com a concentração correta é essencial para o bom funcionamento do equipamento. As seguintes recomendações devem ser observadas para manter e utilizar o sistema de umedecimento corretamente:

Na regulagem apresentada na *Figura 18*, deve-se posicionar uma barra, de modo que esteja saindo da coluna umidificadora, afrouxar a porca (A) e girar o parafuso (B), para que as escovas toquem nos fusos. Deve haver uma pequena flexão, pois elas devem tocar tanto nos fusos superiores como nos inferiores.

(Fotos: Jean Louis Belot)

**Figura 16.** Guia de plantas

(foto: John Deere)




(Foto: Jean Louis Belot)

(Foto: Jean Louis Belot)

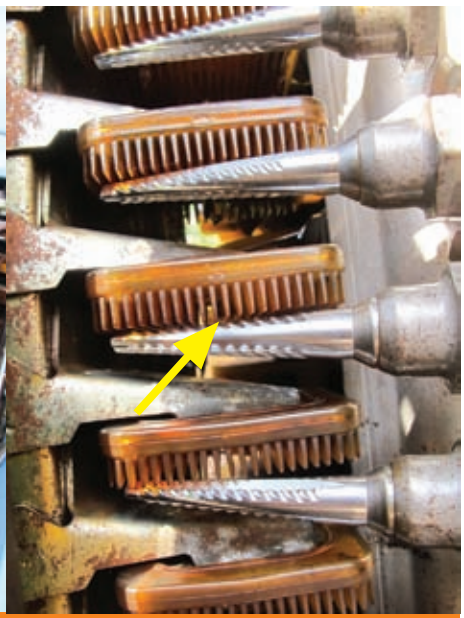


**Figura 17.** Coluna umidificadora e ajuste

Ajuste da guia da coluna umidificadora

Após ter regulado a altura, ajustar a guia para eliminar a folga entre a guia e o fundo da unidade, evitando assim o enrosco de galhos. Esta consta somente no tambor traseiro.

(Fotos: Jean Louis Belot)

**Figura 18.** Ajuste da guia da coluna umidificadora

**Ajuste da Posição da Coluna Umidificadora**

Nesta regulagem, deve-se abrir a coluna e soltar os tuchos A e B, e movê-la para dentro ou para fora, de modo que a primeira aleta da escova toque no início do colar antipoeira no máximo até o meio do colar, tanto na parte superior quanto na parte inferior da coluna.

**Quando remover as escovas?**

As escovas devem ser substituídas quando estiverem com as cerdas rasgadas ou desgastadas. Para um ótimo desempenho, elas devem estar reguladas corretamente, e os orifícios de fluxo da água devem estar desobstruídos.

É importante salientar que certas regulagens devem ser conferidas ao longo do dia, principalmente em função das condições dos talhões colhidos. Mudanças de regulagens (fusos-placas ou fusos-barras) podem ser a origem de incêndios das máquinas.

**2.5 Fusos**

Os fusos são responsáveis pela retirada da pluma do algodão do capulho. Há tendência de os fusos da parte inferior do tambor sofrerem mais desgaste que os da parte superior, pelo fato de estar mais próximo do solo, fazendo com que tenha um desgaste diferente nas barras, conforme as características de cultivo.

(fotos : John Deere)

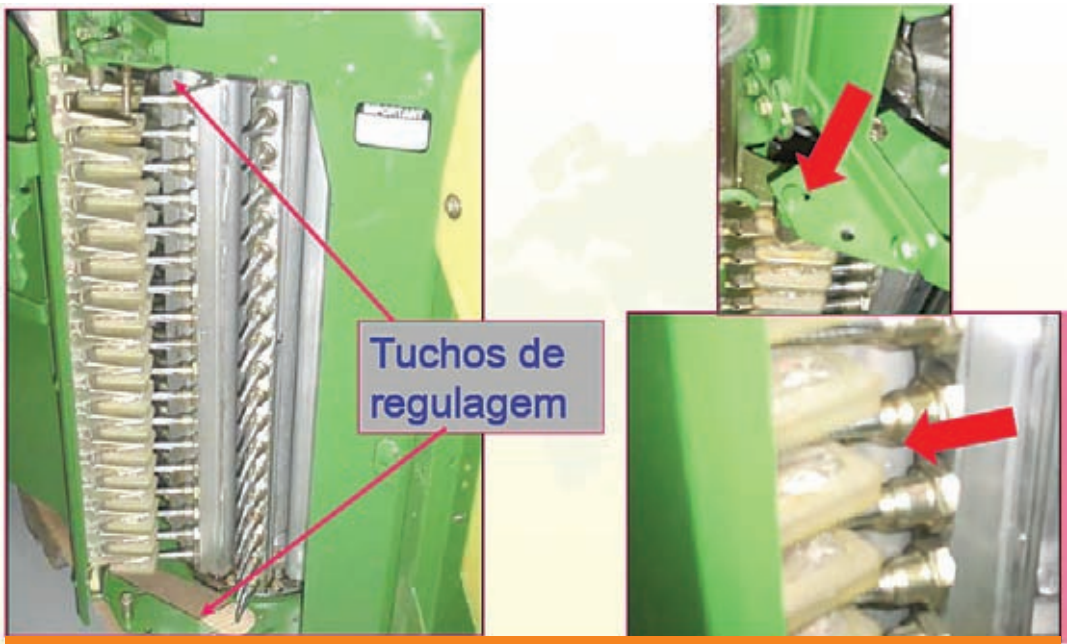



**Figura 19.** Ajuste da posição da coluna umidificadora

(Foto: Case)

**Figura 20.** Fusos novos e desgastados

Os desgastes dos fusos podem reduzir a eficiência da colheita; quando identificado o desgaste, é necessária a substituição imediata do fuso, quando estiver quebrado ou com as farpas arredondadas ou quebradas — 10%; em caso de dúvidas, rodar o fuso na palma da mão, se estiver em boas condições vai penetrar na pele.

Nota: Em situações em que houver desgaste desuniforme, os fusos podem ser intercambiados, frente e trás, superior e inferior.

(foto: Jean Louis Belot)

**Figura 21.** Ajuste do controle de altura da unidade

### 2.6 Ajuste do controle de altura da unidade

Regular o controle de altura de acordo com a altura do algodão no pé. As sapatas devem tocar o solo e não ará-lo. Ao ajustar o controle de altura, quanto mais comprimida for a mola, mais alto será feita a colheita. Há um limite de compressão da mola, que, ultrapassado, fará com que a resposta do sistema seja muito lenta. Recomenda-se ajustar a altura com a máquina no campo, pois, nessas circunstâncias, o óleo está quente, e o sistema responderá mais rápido. Ajustar as mesmas dimensões em todas as válvulas. As unidades que possuem as válvulas do controle são as de nº 1, 2, 3 e 5, para máquinas de cinco linhas. Quando passar sobre terraço, desligar o controle automático, levantando as unidades.

### 2.7 Sensor de monitoramento da porta

O fluxo de algodão dentro das unidades de colheita é monitorado com um sensor próximo aos desfibradores, que envia um sinal ao painel da máquina, alertando o operador de possíveis problemas no fluxo de algodão.

(fotos: Jean Louis Belot)

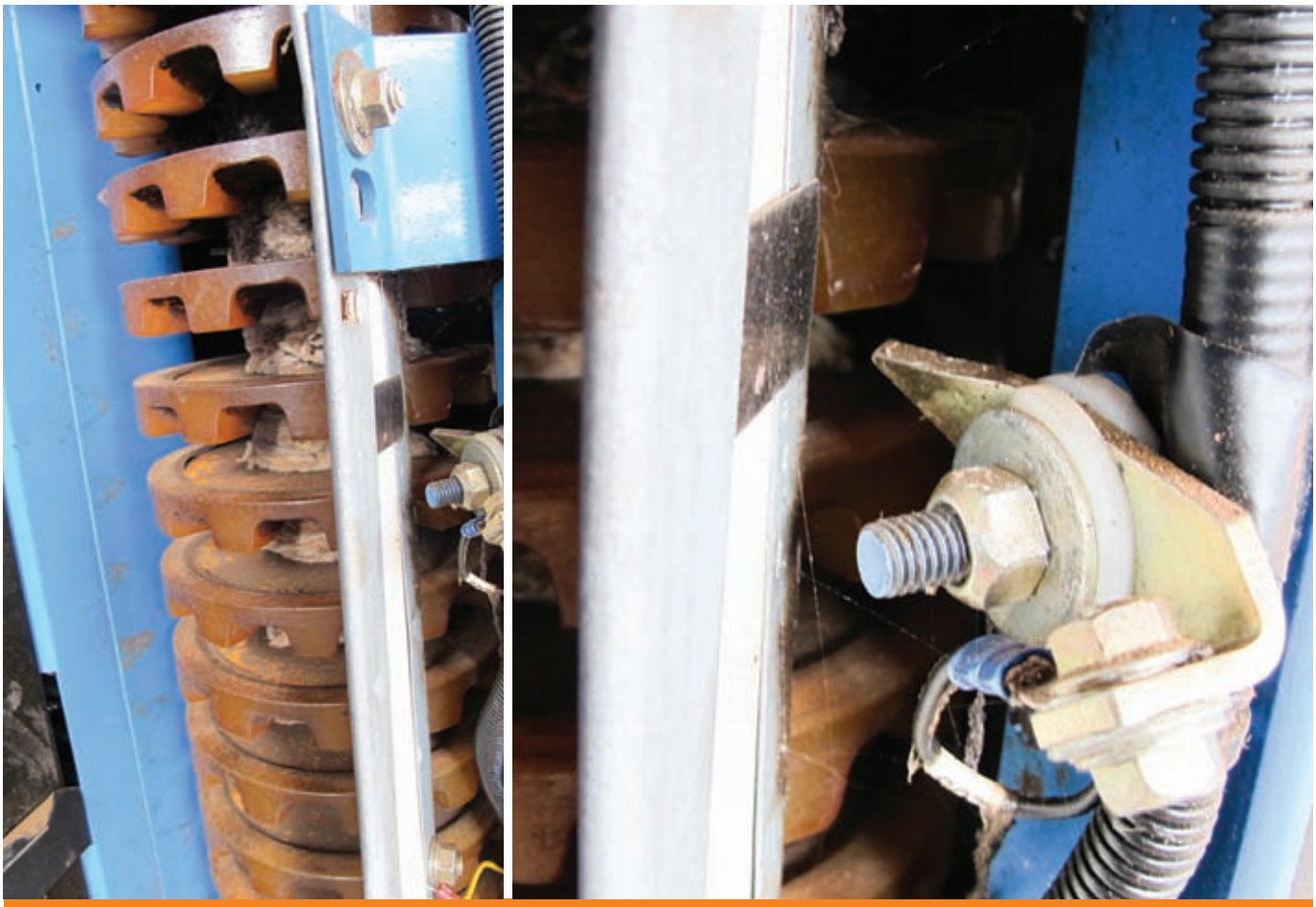


**Figura 22.** Sensor de monitoramento da porta

Nota: Para o sistema ficar mais sensível, a folga pode ser diminuída para 4 mm.

## 3. Condições de colheita

### 3.1 Manejo da umidade durante a colheita

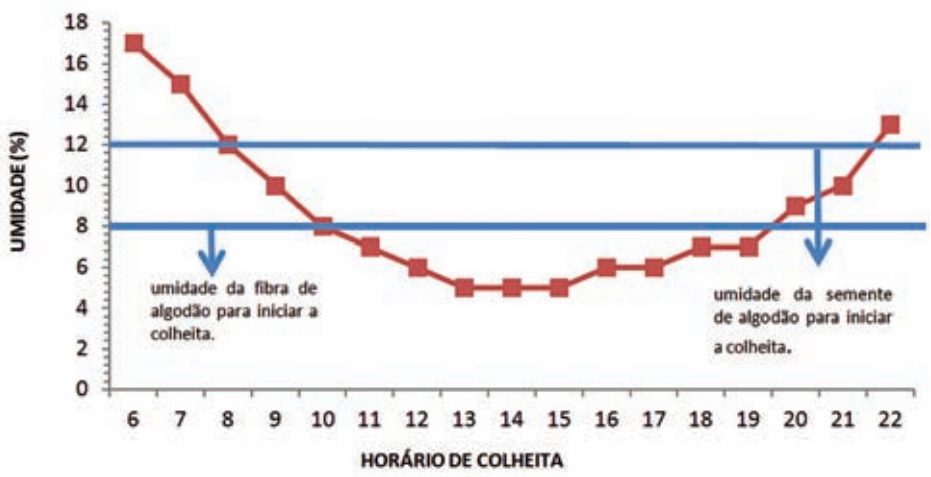
A qualidade da fibra de uma planta de algodão é definida ao longo de todo seu ciclo, sendo expressa no momento da abertura total dos capulhos.

A partir dessa etapa, todas as operações que antecedem a colheita, como a desfolha e aplicação de maturadores fisiológicos, a própria colheita e os procedimentos pós-colheita podem reduzir a qualidade da fibra. Estas observações sobre o manejo da umidade durante a colheita têm por objetivo sensibilizar os produtores e técnicos das fazendas sobre a necessidade de realizar a colheita nas melhores condições possíveis, a fim de evitar a deterioração do "potencial" de qualidade de fibra elaborado a campo.

Por ocasião da colheita, é comum as fazendas buscarem a máxima utilização das máquinas disponíveis, a fim de não deixar o algodão com os capulhos abertos expostos às condições do clima.

Porém, é importante levar em consideração o efeito da umidade sobre a qualidade do algodão em caroço colhido com colhedoras mecânicas. Muitos trabalhos técnicos já apresentaram uma série de considerações sobre a influência da umidade no algodão em caroço em relação ao processo de colheita e à qualidade da fibra.

A decisão do início da colheita do algodão depende de fatores que comprometem a qualidade da fibra. A maioria dos produtores agenda a colheita entre 10-14 dias após a aplicação de desfolhantes.




(Adaptado de Mayfield et al. e Willcutt et al. (2010))

**Figura 23.** Horário de colheita e umidade da pluma e sementes de algodão.

A condição do algodão no campo pode afetar a colheita, destacando a umidade, que reduz a eficiência da máquina quando o algodão está com umidade acima do recomendado para colheita, além de causar danos às fibras. A *Figura 23* demonstra os horários e umidade do algodão em caroço para colheita.

A *Figura 23* define a janela de colheita em função da umidade do algodão (fibra ou semente); gráfico ajustado para as condições climáticas de Mato Grosso.

**Umidade e qualidade do algodão**

A umidade da fibra do algodão colhido mecanicamente não deve ser superior a 8%, para não ocasionar "encarneiramento" (*Figura 24*), degradação das fibras, amarelecimento e manchas que podem ocorrer por conta de fungos.

Alterações na cor são causadas por microrganismos que proliferam com o aumento da temperatura e da umidade, sendo que isso pode ocorrer mesmo após a formação dos módulos. O algodão colhido com umidade superior a 16% sofrerá perdas, mesmo que descaroçado imediatamente.

O monitoramento de umidade deve ser constante, principalmente no início e ao final do dia, ocasiões em que a umidade pode mudar abruptamente, em poucos minutos, principalmente à noite, devido à presença de orvalho, fazendo com que a temperatura caia rapidamente.

O monitoramento da umidade do algodão em caroço é essencial, e, com o aumento do uso dos fardos redondos, é necessária uma atenção especial, em função das características da construção deste módulo. São equipamentos que realizam leituras precisas e de fácil operação.

**Figura 24.** Capulhos colhidos com umidade acima da recomendada

(fotos: Renildo Mion)

(Fotos: Renato Bassini)

**Figura 25.** Aparelho que determina a umidade do algodão em caroço (A), temperatura e umidade relativa do ar (B)

**Umidade e armazenamento**

A temperatura dos fardos de algodão deve ser verificada diariamente, em seis locais diferentes, durante os primeiros 5-7 dias após a colheita. Depois desse período, o monitoramento da temperatura pode ser realizado a cada três ou quatro dias, conforme a variação da temperatura.

Nos fardos que são colhidos na umidade segura para armazenamento, a temperatura geralmente aumenta em torno dos 10°C a 15°C nos primeiros 5-7 dias. Caso ocorra aumento superior a 20°C acima da temperatura ambiente, isto significa problemas na construção do módulo devido à umidade, indicando que o fardo deve ser descaroçado imediatamente, evitando perdas importantes na qualidade da fibra.

Todos os módulos prensados e fardos redondos devem ser inspecionados após a ocorrência de chuvas, e caso seja constatado vazamento de água para o interior dos módulos, a recomendação é que seja feito o descaroçamento o mais rápido possível.

**Umidade e perdas na colheita**

Em ensaio realizado no âmbito do Projeto da Qualidade de Fibra, em agosto de 2013, os valores de perdas totais apresentados na *Tabela 1* estão abaixo das perdas encontradas em diversos trabalhos realizados nos Estados Unidos e no Brasil, evidenciando a boa regulagem da colhedora testada, mesmo trabalhando com velocidade de 7 km.h-[1], que é considerada alta para o padrão do algodão em que foi realizado o ensaio

Destacamos que o maior valor de perdas, em negrito na *Tabela 1*, ocorreu com 90% de maçãs abertas no início da colheita (em torno das 8h). Nesta semana e neste horário, foi encontrado o maior valor de umidade da pluma de algodão (próximo de 10%), demonstrando que, nessas condições de umidade, o operador da maquina deve diminuir a velocidade de colheita para reduzir as perdas, bem como evitar problemas com "embuchamento" e retenção das plumas na planta.

Estas observações estão em consonância com as recomendações sobre a umidade ideal de colheita, disponíveis na literatura, nas quais pesquisadores observaram que a eficiência da colhedora é reduzida quando o algodão está úmido, além de causar danos às fibras.

**3.2 Desfolha**

A desfolha auxilia na programação do período de colheita, caso este recurso seja utilizado de forma indevida, ela poderá ser causadora de alguns problemas posteriores, como queda no tipo do algodão (caso a folha permaneça seca no algodoeiro), perda de peso (caso o algodão seja desfolhado em quantidades superiores ao potencial de colheita) e fibras imaturas (desfolha precoce). A condição adequada para colheita mecanizada

**Tabela 1.** Perdas totais (%) em função dos horários e das diferentes semanas de colheita na fazenda Céu Azul

| Porcentagem de maçãs abertas | Semanas | Horário | | |
|---|---|---|---|---|
| | | H1 | H2 | H3 |
| 80 | 1 | 3,46 | 4,06 | 3,78 |
| 80 | 2 | 3,93 | 4,46 | 4,15 |
| 80 | 3 | 2.33 | 3,02 | 3,09 |
| 90 | 1 | 4,09 | 2,54 | 5,26 |
| 90 | 2 | 4.09 | 2,54 | 5,26 |
| 90 | 3 | 6,61 | 4,87 | 4,07 |

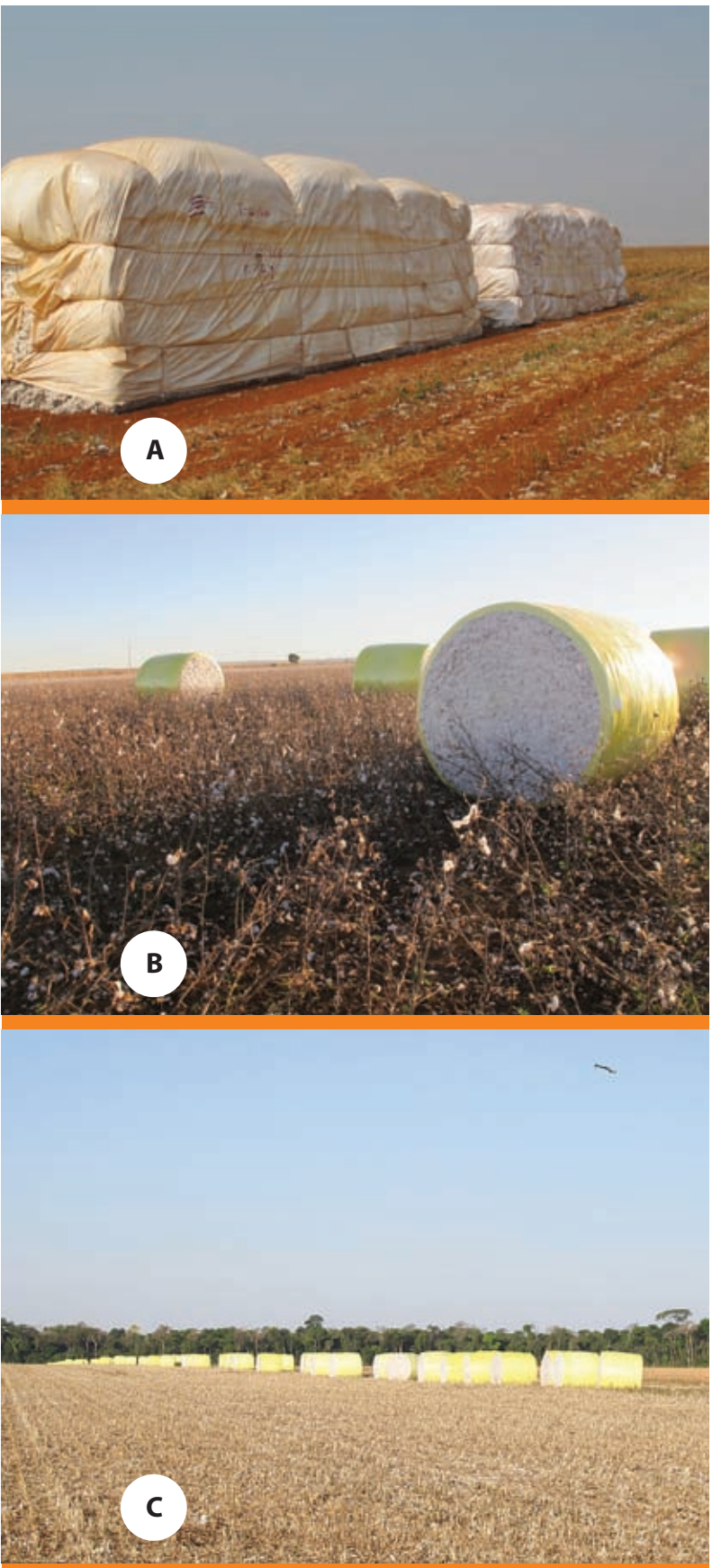
é quando o algodão estiver seco e com mais de 80% das maçãs abertas ou completamente formadas.

**4. Formando os módulos**

Os módulos cilíndricos utilizam um mecanismo semelhante ao de uma enfardadeira de feno circular. Seu funcionamento é altamente automatizado, exigindo o mínimo de interação do operador. Os módulos redondos são cobertos com uma película de polietileno modificado, que protege tanto o algodão quanto a semente, proporcionando uma força de compressão para manter a densidade do módulo. O sistema de controle de formação manipula a embalagem dos módulos; e, quando o invólucro for concluído, o módulo é ejetado sobre o transportador na parte traseira da máquina, como mostrado na *Figura 26*. A principal ação do operador em relação aos módulos é decidir quando deixará cair o módulo transportado. Normalmente, o módulo é descarregado no final do talhão para facilitar o carregamento em caminhões adequados para o transporte até as algodoeiras. Se o rendimento é muito elevado, ou os comprimentos de linha forem longos, pode ser necessário soltar os módulos no meio do talhão. Essa ação não tem impacto sobre o funcionamento dos fusos, entretanto, pode perfurar ou rasgar o plástico.

(foto: Renildo Mion)

**Figura 26.** Módulo é ejetado sobre o transportador na parte traseira da máquina




(Fotos A, B e C: Jean Louis Belot)

**Figura 27.** Algodão colhido armazenado com fardões (A) ou rolinhos (B) e rolinhos fora da área (C)

**Formação e armazenamento dos fardões de algodão em caroço**

No caso dos fardões elaborados com prensas (*Figura 27A*), a limpeza do solo onde eles serão constituídos é importante para não contaminar sua base. Os pés de algodão são cortados com facão, a prensa posicionada em seu lugar. Quando constituído, o fardão é coberto por uma lona, amarrado com corda e deixado no local até seu transporte para a algodoeira. É importante vistoriar periodicamente os fardões deixados na lavoura, a fim de detectar eventual início de incêndio que pode se revelar até quatro ou cinco dias depois da colheita, ou para evitar fermentações no caso de uma colheita úmida. No caso dos fardinhos colhidos pelas máquinas JD 7760 (*Figura 27B e 27C*), é importante que o operador os descarregue na beira do talhão, a fim de não prejudicar as operações de destruição de soqueira, que são realizadas na sequência.

Na lavoura ou nos pátios das algodoeiras, é recomendado que os rolinhos/fardões sejam armazenados em pilhas descontínuas, a fim de limitar a propagação do fogo em caso de incêndio (*Figura 28*). Evitar armazená-los abaixo de linha de energia elétrica.

**Dica:** Em caso de incêndio, é interessante acrescentar Orobor-fertilizante foliar na dose de 40 litros/30 mil litros de água dos bombeiros, já que isso ajudará a penetração da água na fibra, que, por natureza, é hidrofóbica.

**4. Medidas de seguranças**

As colheitadeiras de algodão são máquinas complexas, delicadas, caras e perigosas quando funcionam, por isso merecem atenção particular para sua manutenção e durante seu uso. É imprescindível a capacitação dos operadores por meio de treinamentos, cursos ministrados pelos fabricantes, por escolas especializadas ou por associações de produtores.

Quando a colhedora funciona, deve-se manter em perfeito estado o sistema de contenção de incêndio. É recomendado que a máquina seja acompanhada ao longo do dia por um tanque de água, caso ocorra um início de incêndio. O custo desta operação é muito baixo em relação ao valor de uma máquina.

**Figura 28.** Incêndio em rolinhos armazenados de forma contínua

No momento das operações de limpeza periódicas ao longo do dia, os operadores das máquinas devem seguir as seguintes regras de segurança:

- ninguém pode permanecer na plataforma da máquina quando esta estiver em funcionamento;
- prestar atenção aos operários que ficam na lavoura enquanto manobram;
- não operar a máquina quando o cesto for levantado;
- levantar os tambores ao máximo enquanto são manobrados;
- em terrenos irregulares, a máquina deve ser conduzida em marcha lenta;
- evitar frear bruscamente, o que pode ocasionar danos aos tambores;
- não realizar lubrificação ou limpezas embaixo da máquina com o motor ligado. A única exceção é quando se usa o controle remoto para acionar as cabeças de colheita para inspeção;
- não operar a máquina sem as placas de proteção e extintores em perfeito estado de funcionamento;
- limpar folhas secas e algodão eventualmente presentes no motor, a fim de evitar incêndios;
- não tentar apagar o fogo no cesto; derramar imediatamente o algodão no chão.

**5. Principais recomendações para uma colheita preservando a qualidade**

- Manejar a altura das plantas a fim de colher o algodão com altura no máximo 1,5 vez o valor do espaçamento entre linhas, sendo recomendado o limite de 1,30 m a 1,40 m para espaçamento de 0,90 m;
- Colher a lavoura sem infestação de plantas daninhas (principalmente picão-preto, corda-de-viola etc.);
- Colher a lavoura devidamente desfolhada e com capulhos abertos (mínimo de 90% a 95% dos capulhos abertos), sem rebrotes de folhas;
- Utilizar colhedoras devidamente revisadas e com regulagens adequadas para as condições de campo, respeitando as normas dos fabricantes;
- Realizar a limpeza periódica das máquinas durante a colheita, principalmente grades e cestos, evitando a contaminação do algodão colhido;
- Armazenar os módulos prensados ou os fardos em rolo em lugares adequados, preferencialmente na beirada dos talhões, principalmente quando tiverem de permanecer no campo por longos períodos.

**Figura 29.** Lavoura devidamente preparada para a colheita (A) e plantas de altura inadequada (B)

(Fotos: Renato Bassini)

(Fotos: Renato Bassini)

**Figura 30.** Realizar a limpeza periódica do cesto e das unidades de fusos

Uma colheita de algodão eficiente inicia-se pela correta manutenção e regulagem dos equipamentos em função das características de cada área a ser colhida. Uma regulagem inadequada pode gerar prejuízos tanto quantitativos quanto qualitativos no produto final. A altura do algodoeiro é de fundamental importância para obtenção de bons resultados na colheita. Caso as plantas apresentarem altura acima de 1,35 m, haverá problemas que afetarão de forma negativa a qualidade da pluma, tais como: aumento do índice de caule na pluma, algodão "encarneirado" e maior incidência de incêndios no maquinário e nos fardos de algodão, além de contribuir para o aumento das perdas. O algodoeiro alto acarreta também aumento no custo de manutenção das colhedoras devido a uma maior concentração de algodão na parte superior da unidade colhedora, ocasionando um desgaste prematuro nessa região. A figura abaixo demonstra problemas de manutenção da máquina durante a colheita.

**Referências bibliográficas:** entrar em contato com os autores

(Fotos: Renildo Mion e Renato Bassini)

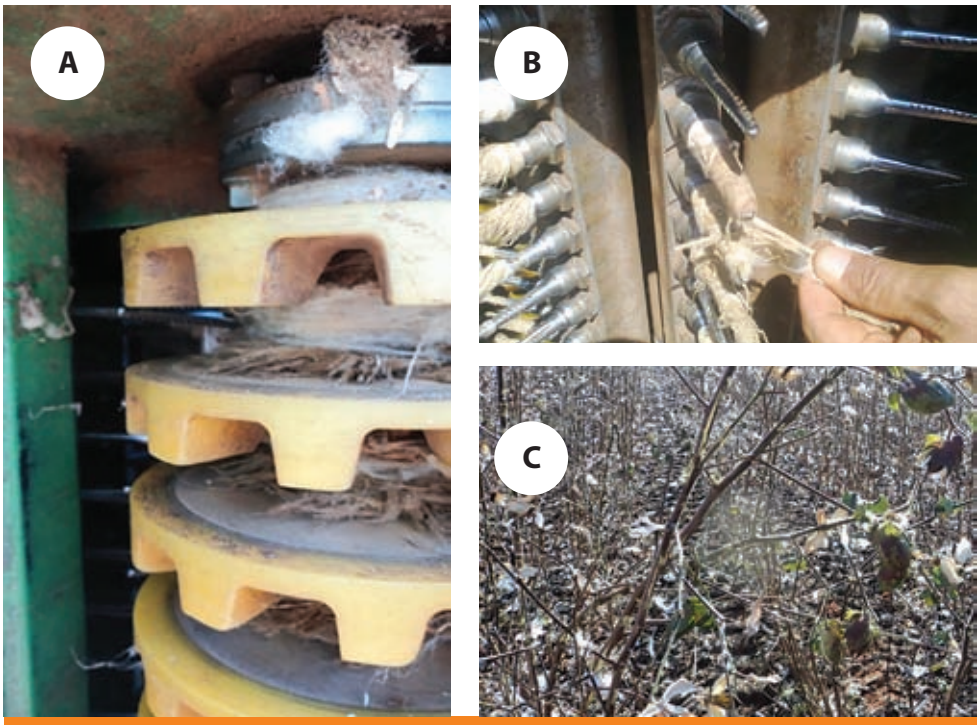



**Figura 31.** Fiapos nos desfibradores (A), encarneiramento nos fusos das plumas (B), índice de caules e maçãs verdes (C).

# A influência do processo de beneficiamento na qualidade da fibra

Tali Amiran

Há muitos fatores importantes que afetam a qualidade da fibra de algodão, que podem ser divididos em dois tipos, em função dos danos possíveis.

**O primeiro** inclui o manejo incorreto da lavoura para criar condições ideais para o cultivo do algodão. Por exemplo, o excesso ou falta de água, a irrigação no momento errado, datas de semeadura inapropriadas e danos causados por pragas que não foram controladas a tempo (*Figura 1*).

(Foto: Pierre Silvie)

**Figura 1.** Danos na fibra provocados por lagartas-rosadas

**O segundo** tipo inclui o dano mecânico causado ao algodão em caroço resultante de:

- colheita muito antecipada antes da formação da fibra;
- colheitadeira de algodão não ajustada corretamente e, como resultado, a formação de encarneiramento e neps na fibra;
- água despejada em excesso nos fusos da colheitadeira;
- colheita com alta umidade, o que provoca aquecimento do algodão, fazendo com que o algodão armazenado apodreça.

Quando armazenamos o algodão em caroço em módulos, devemos ter cuidado com a alta umidade do produto. É altamente recomendável construir módulos baixos e tentar não compactar muito firmemente, a fim de permitir que os módulos respirem e a saída da umidade.

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 2.** Algodão armazenado em rolinhos

Nos últimos anos, o uso da nova colheitadeira de algodão "Picker", que produz fardos cilíndricos ("rolinhos"), está se expandindo. Esses fardos são muito compactados e são envolvidos com uma lona plástica, o que dificulta a transpiração do algodão de dentro do fardo e não permite a ventilação (*Figura 2*). No caso do algodão de alta umidade, isso provoca o acúmulo da umidade perto da lona plástica, criando, desse modo, uma larga camada levemente úmida, que começa a apodrecer.

No processo da colheita, deve-se considerar que as colheitadeiras "stripper" colhem muitas folhas verdes, galhos, etc. É impossível combater os efeitos do clima, mas o resto está em nossas mãos, e garantir cada detalhe resultará num menor desgaste da algodoeira e alta produtividade da usina, com melhor qualidade de fibra.

Deve-se compreender que o processo de descaroçamento não pode reparar danos que foram causados ao algodão em caroço antes de atingir a fase de beneficiamento. O processo de descaroçamento irá secar, limpar e separar a fibra da semente, mas não irá restaurar os danos que foram causados à fibra nas fases anteriores. Entretanto, se a algodoeira não estiver funcionando adequadamente, ela pode causar sérios danos ao algodão, prejudicando-lhe a qualidade e trazendo grande prejuízo financeiro ao proprietário.

(Fotos: Jean Louis Belot)

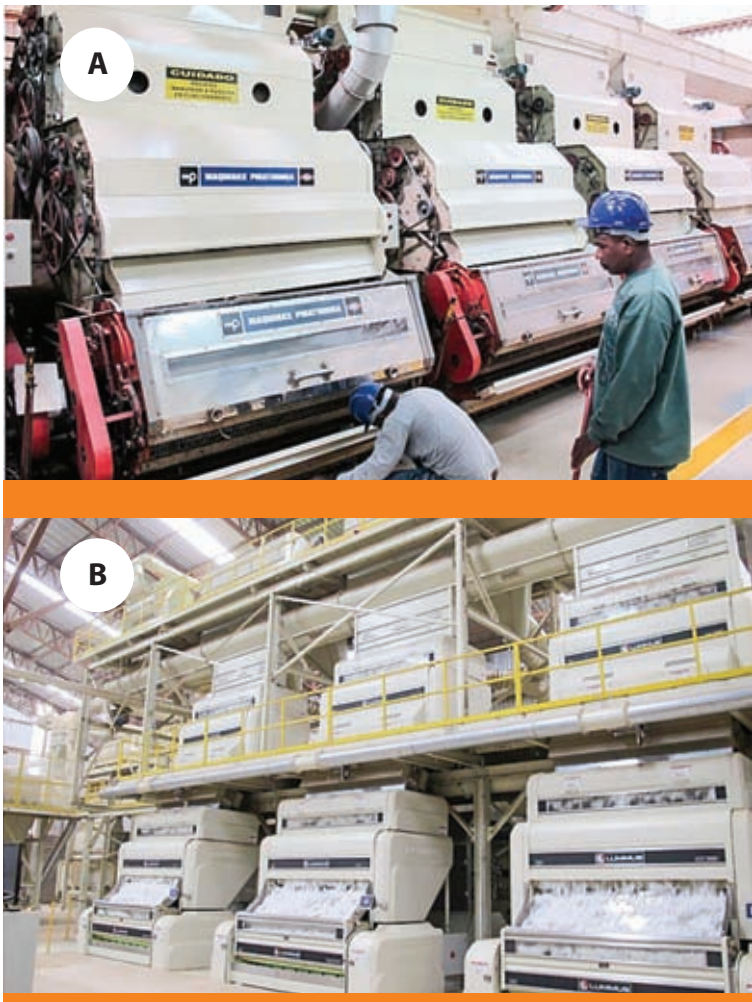



**Figura 3.** Algodoeiras de modelo antigo (A) e modernas (B)

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 4.** Algodão "stripper" carregado em impurezas

Não colocaremos em questão as diferenças entre os modelos antigos de máquina descaroçadora dos anos 1950 e 1960, em relação ao avanço dos descaroçadores de algodão de hoje (*Figura 3*), máquinas mais modernas que são capazes de produzir uma fibra de melhor qualidade. Entretanto, há alguns pontos, que, se fizermos questão de considerar, tornarão possível a obtenção de fibras de boa qualidade, tanto com as máquinas de modelo antigo como com as novas.

**1. Etapas de secagem**

O primeiro passo no processo de descaroçamento é a secagem do algodão em caroço recebido na algodoeira.

O algodão armazenado recebe a umidade relativa da área, especialmente à noite, quando índice é mais alto. As folhas verdes na armazenagem também contribuem para a umidade do algodão em caroço, assim como o molhamento excessivo dos fusos da colheitadeira.

A umidade desejada do algodão em caroço, para os processos de limpeza, dever ser cerca de 5%. Uma umidade mais alta não afetará a fibra, mas a limpeza do algodão em caroço pode não ser tão eficiente. A secagem do algodão em caroço a um nível inferior a 5%-6% pode resultar em encurtamento ou quebra da fibra. Através de um sistema de aquecimento do ar no duto de transporte do algodão, o ar seca e absorve a umidade do algodão; o ar saturado é então separado do algodão, que continua a secar nos limpadores.

O calor excessivo é prejudicial ao algodão em caroço, encurtando e quebrando as fibras. Recomenda-se aquecer o ar para que a temperatura no ponto de encontro do ar quente com o algodão esteja entre 80-100°C, mas não acima de 120°C. Somente em casos especiais, quando o algodão está muito úmido e não há alternativa, deve-se aumentar o calor para evitar o apodrecimento do algodão. Neste caso, recomenda-se a diminuição da velocidade de alimentação de algodão na linha de descaroçamento.

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 5.** Torre de secagem

Comparando-se o com descaroçador de algodão moderno, existem poucas usinas antigas usando queimadores a gás para a secagem do algodão em caroço, a maioria delas usa queimadores a diesel e existem algumas usando ainda forno a lenha, no qual é muito difícil ajustar a proporção de ar/combustível. O ajuste impreciso dos queimadores criará fuligem, que se misturará ao algodão, e o resultado será uma produção de algodão em caroço cinza, com baixa qualidade e baixo valor da fibra.

Sabe-se que o fogo vermelho com chama longa não é limpo e é fuliginoso, enquanto a chama azul, ou pelo menos com tom azulado, com labaredas menores, é limpa e mantém o algodão em caroço limpo.

**Lembre-se:** fogo com chama curta e coloração azul manterá o algodão em caroço limpo!

No comércio, é possível adquirir bombas manuais que permitem a verificação do nível de fuligem na saída da fornalha. A bomba suga o ar, que passa por um papel especial que permite identificar, imediatamente, se o ar está limpo ou sujo. Essa bomba é muito simples, barata e, utilizando-a, o produtor economizará muito dinheiro. Portanto, recomenda-se muito sua aquisição.

Nos queimadores que funcionam a gás butano e propano, o fogo é normalmente mais limpo e pode ser facilmente ajustado. É altamente recomendado trocar fornos a lenha por queimadores a gás.

### 2. Transporte do algodão nos dutos

Há dois métodos principais usados para o transporte de algodão nos dutos entre os diferentes limpadores.

- O primeiro é o método convencional chamado push-pull (empurrar--puxar); este transporte é feito por um ventilador que impulsiona de um lado e um ventilador de sucção do outro.

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 6.** Descaroçador moderno

- O segundo método é mais moderno e se chama pull only (somente puxar), o qual usa somente ventiladores de sucção.

No método push-pull, a velocidade de fluxo do ar com algodão é uniforme durante todo o processo, e somente a pressão estática no tubo muda.

O algodão percorre parte do caminho sob pressão estática positiva e a segunda parte sob pressão estática negativa. No ponto em que a pressão muda de + para -, a pressão estática é "0"; é preferível que, em sistemas de secagem, o ponto "0" esteja no quadrante inferior da torre de secagem. Isto significa que, na entrada da torre, haverá uma pressão positiva e forte, e, na saída, haverá uma pressão negativa e fraca. Quando essas condições são reunidas, o fluxo de algodão na torre será regular, sem obstruções, sem causar turbulência no fluxo do algodão ou qualquer outra complicação para o algodão em caroço.

A velocidade do algodão em caroço nos dutos de transporte é medida em pés por minuto (PPM); a velocidade exigida para o bom transporte do algodão em estado natural é 4.500 PPM. Algo menor pode fazer com que o algodão se deposite no duto de transporte ou na torre de secagem e isso pode causar obstruções no sistema. Velocidade mais alta pode levar à secagem deficiente, enrolar o algodão nos dutos e causar danos à fibra.

## 3. Etapas de descaroçamento

O processo de separação da fibra do caroço nas serras do descaroçador é bem agressivo, sendo necessário focar em dois pontos principais que podem deteriorar a fibra.

**3.1.** O algodão em caroço que alimenta o descaroçador entra em uma célula/cavidade alongada e redonda chamada de câmara de beneficiamento. Nesta célula/cavidade, cria-se um rolo de algodão em caroço que gira sobre as serras do descaroçador. A serra do descaroçador penetra na base desse rolo, e os dentes da serra prendem a fibra, arrancando-a do caroço; do outro lado do eixo das serras, uma escova rotatória remove a fibra da serra e a move em direção ao limpador de fibra.

Em alguns tipos de máquinas de serras modernas, é possível aumentar a pressão sobre este rolo de algodão em caroço ajustando a placa/pente, que fica na base do rolo de algodão. Fechando um pouco mais essa placa/pente, permite-se que o caroço fique um pouco mais de tempo na célula/cavidade antes de cair por gravidade, entre as serras do descaroçador.

É comum achar que essa regulagem mais apertada ajuda a retirar mais fibras do caroço. Porém, recomenda-se muito cuidado ao utilizar esse mecanismo, porque ele pode contribuir para danificar as fibras.

Normalmente, quando os dentes da serra e as costelas do descaroçador estão intactos e a remoção da fibra dos dentes (ou por escova ou por fluxo de ar) é boa, não haverá necessidade de usar essa placa/pente. A longa permanência do algodão dentro do rolo e a fricção extra dos dentes da serra podem causar aumento da quantidade de fibras curtas, reduzindo a qualidade da fibra.

**3.2.** Outro ponto importante para concentrar-se diz respeito às costelas do descaroçador. Durante o descaroçamento, as serras do descaroçador penetram entre as costelas, e os dentes da serra seguram e puxam a fibra no espaço estreito entre as costelas. O ponto em que os dentes da serra passam com a fibra entre as costelas chama-se "ponto de descaroçamento" (*Figura 7*). Com o tempo, este ponto desgasta-se, e forma-se um orifício circular alargado. Devido à pressão do caroço neste ponto, fragmentos de caroço começam a passar entre as costelas, pedaços de cascas e pequenos caroços imaturos vão com a fibra, o que diminui a qualidade desta.

Nesse caso, as costelas devem ser substituídas. Existem hoje no mercado costelas com revestimento especial no "ponto de descaroçamento", que não se desgastam e podem durar muitos anos.

**Figura 7:** Ponto de descaroçamento

(Foto: Jean Louis Belot)

## 4. Limpeza da fibra

É importante observar a distância correta entre as barras da grade do limpador de fibra até os dentes da serra; normalmente, esta distância deve ser 1/32 de polegada, a menos que o fabricante exija uma distância diferente.

Também é necessário manter o ângulo correto da barra em relação às serras.

Outro aspecto muito importante para manter a qualidade da fibra é a relação entre quantidade de fibra produzida pelo descaroçador (velocidade de descaroçamento) e a velocidade de alimentação para as serras do limpador de fibra. Se esta alimentação for muito rápida ou muito lenta, prejudicará a fibra, já que a velocidade das serras é fixa. Essa proporção pode ser fixada corretamente mudando-se a velocida-

de do condensador que alimenta as serras. Com baixa velocidade do condensador, obtemos uma manta grossa de fibra e maior quantidade desta no cilindro do condensador, e com a velocidade mais alta, obteremos uma manta fina e menor quantidade no cilindro do condensador.

Normalmente, cada algodoeira ajusta a velocidade de alimentação de acordo com o rendimento ideal do limpador de fibra. Recomenda-se respeitar as instruções do fabricante em relação à velocidade de alimentação. Nos limpadores modernos, é usado um computador para ajustar automaticamente a velocidade de alimentação, de acordo com o rendimento do descaroçador.

Outro ponto importante é a necessidade de sucção de ar mais forte no compartimento atrás das barras da Grade, a fim de remover as "mote" e partículas de impurezas. Já que a rotação do rolo de serras do limpador de fibra cria vácuo na área das barras de grade, essa sucção de ar deve ser mais forte, do contrário, "mote" e partículas retornarão à fibra ao invés de sair.

Esse capítulo tentou chamar atenção dos responsáveis por algodoeiras sobre as etapas do beneficiamento que podem mais incidir sobre a qualidade da fibra.

Detalhes sobre o beneficiamento do algodão podem ser encontrados no **"Manual de Beneficiamento do Algodão",** publicado pelo IMAmt, em 2014.

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 8.** Produção de uma fibra de qualidade

# A fibra de algodão: qualidade e classificação

**José Jorge Lima**
SENAI/CETIQT

**Jean Louis Belot**
IMAmt

Neste capítulo, trataremos de dar informações sobre a estrutura da fibra, os parâmetros de qualidade que dão valor ao produto, o sistema de classificação do algodão que é imprescindível no comércio nacional e internacional da fibra e os fatores principais de campo e de beneficiamento que incidem sobre a degradação da qualidade da fibra (*Figura 1*).

## 1. O que é uma fibra de algodão

A fibra é um pelo que se localiza na superfície do caroço de algodão. Esse pelo vem de uma célula diferenciada da epiderme do caroço; ele cresce e se alonga durante a formação do capulho. Esquematicamente, pode ser considerada como um cilindro formado principalmente de diversas camadas de celulose (parede secundária da célula) que são depositadas ao longo da vida dessa célula (*Figura 2*).

Vale ressaltar que o grau de maturidade da fibra está relacionado diretamente com a espessura da parede secundária, que é formada pela deposição de sucessivas camadas de celulose no interior da fibra ao longo de seu desenvolvimento. Logo, quanto mais camadas de celulose for depositadas, mais madura é a fibra. Porém, essa quantidade de camadas de celulose depende muito mais das condições de clima, disponibilidade de água e de manejo ao longo do processo de cultivo que a finura (que está relacionada com o diâmetro externo da fibra), na dependência principal do genótipo (cultivar).

(foto: José Medeiros)

**Figura 1.** Capulho de algodão aberto

(Adaptado de USDA-ARS)

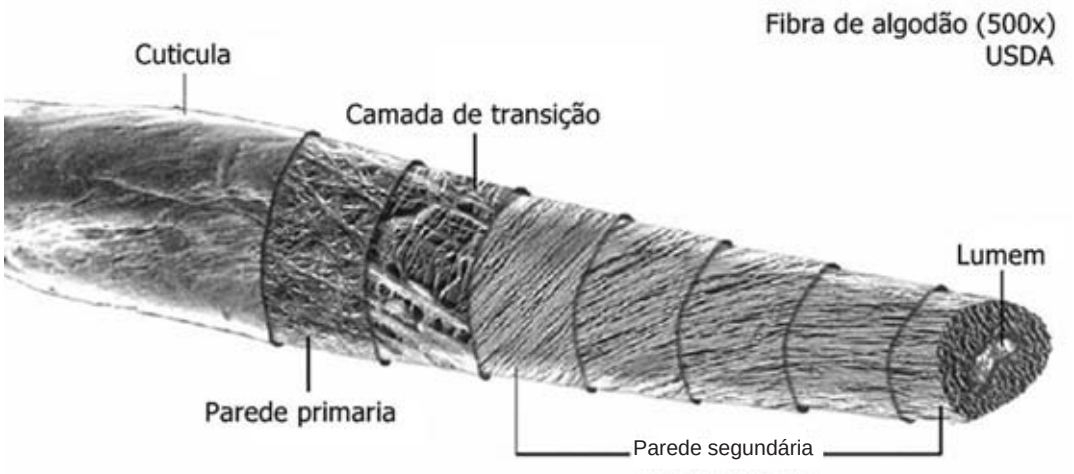



**Figura 2.** Estrutura de uma fibra de algodão

O tempo de formação de um capulho entre a antese e sua abertura é de 45 a 55 dias, dependendo das condições climáticas e de manejo. A partir da fecundação do óvulo (dia da floração), a fibra de cada óvulo que se transforma em caroço vai ser submetida a diversos processos biológicos: definição do diâmetro da fibra, alongamento da célula (o que vai definir o "comprimento" da fibra) e depósitos sucessivos de camadas de celulose nas paredes secundárias (que vai definir a "maturidade" da fibra) (*Figura 3*).

A estrutura da celulose depositada nas diversas camadas da fibra é fundamental para a definição das propriedades físicas da mesma, como a resistência e o alongamento a ruptura. As condições de alimentação da planta durante a formação da fibra incidem diretamente sobre a qualidade da fibra. É o caso da nutrição potássica, que pode ter efeito importante sobre a resistência devido a seu papel na formação de "pontes" entre as cadeias de celulose da fibra.

**2. Caracterização da qualidade da fibra de algodão e dos contaminantes**

Existem diversas maneiras de caracterizar a fibra de algodão (visual e com equipamentos), que evoluíram ao longo do tempo. No século passado surgiu a metodologia de mensuração de algumas propriedades físicas das fibras de algodão por aparelhos de laboratório. Dos vários aparelhos de laboratório desenvolvidos, o do tipo "High Volume Instrument – HVI" é o que foi utilizado para a padronização e a classificação da fibra.

A dificuldade reside no fato que o algodão é multiforme, ou seja, é constituído de fibras individuais com vários níveis de qualidade. Alguns métodos caracterizam o comportamento "médio" da fibra quando submetida por exemplo a força de ruptura, outros estudam a distribuição de parâmetros morfológicos da cada fibra individualmente, como comprimento, diâmetro etc.

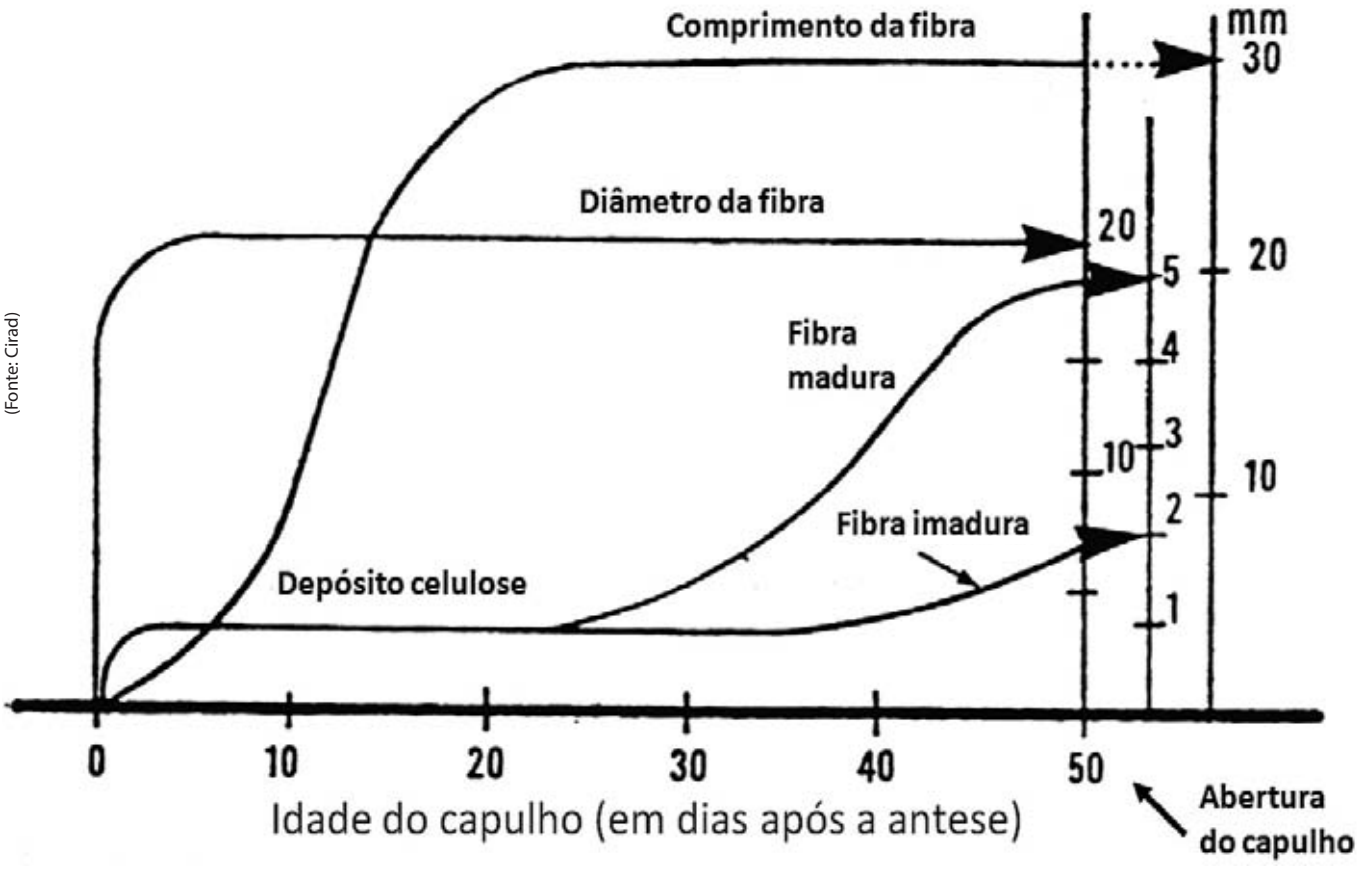



**Figura 3.** Formação da fibra da antese até a abertura do capulho

## 2.1 A caracterização visual da fibra e dos contaminantes

Basicamente, a caracterização visual é baseada sobre critérios de colorimetria do algodão e de carga de impurezas.

Quanto mais branco for um algodão, melhor sua qualidade. Algodão creme ou levemente creme é considerado inferior a um algodão branco (*Figura 4*). Para um mesmo nível de branco, um algodão com brilho será considerado de melhor qualidade que um algodão apagado, mais "fosco", o que geralmente pode acontecer quando o algodão aberto em campo recebeu chuvas. Esses critérios de cor são avaliados através dos parâmetros Rd (reflectância) e +b (índice de amarelamento) dos colorímetros.

Assim, o algodão produzido e com capulhos abrindo em clima ensolarado e/ou semidesértico terá sempre uma qualidade visual superior àquele produzido em clima nublado e/ou chuvoso na época da colheita.

Outro parâmetro importante de qualidade é o grau de folha (Leaf Grade - L.G.), que está em função da presença de pedaços de folhas, de brácteas, na massa de fibra (*Figura 5*). Essas impurezas são caracterizadas por seu tamanho e número. Junto com o grau de cor (Color Grade – C.G.), constituem a base da qualidade visual do algodão, que pode ser avaliada pelo classificador através dos padrões físicos universais e dos parâmetros mensurados e estimados pelo medidor de impurezas e do colorímetro do instrumento do tipo HVI.

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 5.** Pedaços de folhas e brácteas na fibra de algodão

Os pequenos pedaços de impurezas são comumente denominados de "pimentinhas, essas são de difícil eliminação ao longo dos processos de fiação. Logo, a indústria de fiação prefere um algodão com pedaços de folhas maiores do que um algodão com grande quantidade de pequenos pedaços de folha. A colheita e o beneficiamento incidem sobre essa qualidade visual, produzindo um algodão com fibras mais ou menos bem homogeneizadas, ou mais ou menos carregado em diversos tipos de impurezas. Os processos de colheita e beneficiamento devem ser ajustados para danificar o menos possível as fibras, evitando quebra das fibras e sementes.

Outros critérios visuais e presença de contaminantes diversos que vão incidir sobre a qualidade visual do algodão são os seguintes:

**A "preparação".** Determinação feita pelo classificador quanto ao grau de aspecto e toque (lisura) da pluma. O algodão que estiver com alto conteúdo de umidade no momento dos processos de colheita e descaroçamento resultará

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 4.** Amostras de fibra com diversos tipos de cor

em pluma com aparência encarneirada. Tanto o excesso quanto a falta de umidade nas fibras de algodão comprometem seu processamento ao longo da cadeia têxtil. O encarneiramento da pluma também pode ocorrer por problemas de regulagem das máquinas da linha de beneficiamento do algodão. Principalmente perda de rotação e deficiência na sucção.

**Os neps:** São emaranhados de fibras (*Figura 6*) normalmente ocasionados por fibras imaturas, que não suportam os esforços mecânicos e se quebram durante os processos de colheita, beneficiamento, abertura, mistura e limpeza (preparação à fiação). A presença desses neps na massa de fibras em processo geram fios com maior número de imperfeições (pontos finos, pontos grossos e neps), alta irregularidade de massa e de pilosidade, redução das diversas resistências. Enfim baixa qualidade, produção e alto custo de processo.

(foto: J. J. de Lima)

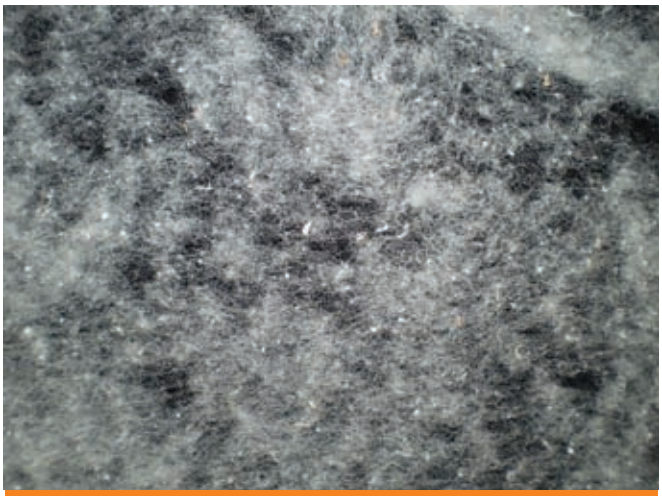


**Figura 6.** Neps (pontos brancos) no véu de carda

(foto: J. J. de Lima)

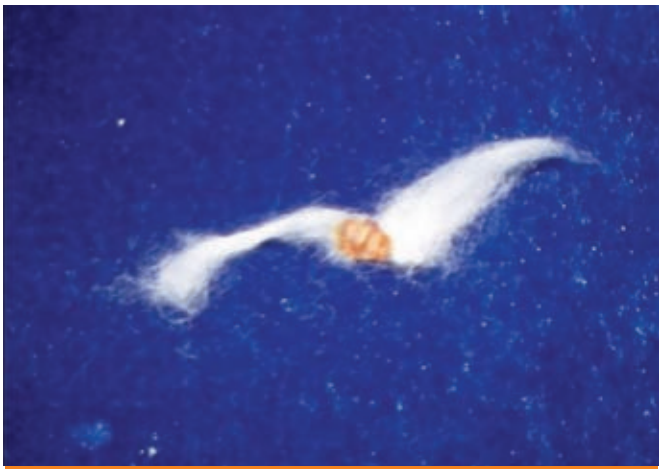


**Figura 7.** Seed-coat neps (SCN) ou seed coat fragments (SCF)

Os seed-coat neps (SCN) ou seed-coat fragments (SCF) são fragmentos de semente de algodão com fibras (*Figura 7*).

Os SCN são problemáticos na fiação, porque não são totalmente removidos durante os processos de fiação e ficam incorporados ao fio, reduzindo sua qualidade. Eles também são de comportamento pegajoso nos órgãos rotativos das máquinas, interrompendo a produção. Certas variedades apresentam sementes pequenas e com casca mais fina, gerando mais SCN no beneficiamento; mas também a regulagem defeituosa dos descaroçadores contribui para a formação de SCN.

A "pegajosidade". Normalmente, a fibra de algodão apresenta, na sua composição química, cerca de 0,3% de açúcar, cuja presença não provoca nenhum problema aos processos da fiação. No entanto, agentes externos como insetos (pulgão e mosca branca), podem depositar substâncias ricas em açucares (excrementos) em cima da fibra do capulho aberto (*Figura 8*). Esses açúcares atrapalham bastante os processos de fiação. Ainda na lavoura, esses açúcares podem servir de alimento para microrganismos, como a fumagina, prejudicando a qualidade visual das fibras.

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 8.** Capulho com açucares e desenvolvimento de fumagina

As contaminações por matérias estranhas: as matérias estranhas são substâncias que não são originárias do próprio algodão. Caule, capim, bucha de fusos da colhedeira, poeira e óleo são alguns exemplos.

As principais contaminações encontradas no Estado do Mato Grosso, são as por caule de algodão (Bark), ou sementes de plantas daninhas (Picão-preto ou carrapicho) (*Figura 9*). Dependendo da quantidade dessas contaminações, o algodão poderá ser desclassificado. Na comercialização de um algodão contaminado, normalmente é acordado um valor de deságio.

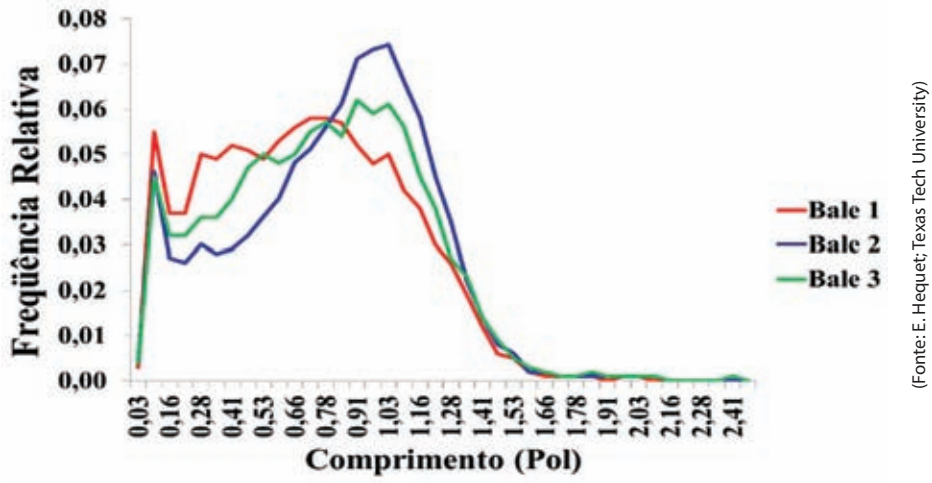
Cabe ressaltar que contaminações como picão e caule são unicamente detectados visualmente. Logo, é fundamental treinar, conscientizar e educar os operadores dos aparelhos HVI para detecção dessas contaminações.

### 2.2 A qualidade intrínseca

Essa qualidade intrínseca da fibra refere-se às propriedades físicas das fibras. É preciso entender que uma amostra de fibra apresenta muita variabilidade, e que uma amostra contém fibras de diversos comprimentos e outras qualidades intrínsecas. Por exemplo, na *Figura 10*, apresentamos três amostras de algodão com uma distribuição de comprimento de fibra muito diferente; a amostra 1 tem muito mais fibras curtas que a amostra 3 sendo as duas com o mesmo comprimento UHML.

(Fotos: Jean Louis Belot)

**Figura 9.** Contaminações com Bark (1) e Picão Preto (2).




(Fonte: E. Hequet; Texas Tech University)

**Figura 10.** Distribuição de comprimento de fibra em três algodões de mesmo UHML

Assim, avaliar somente o comprimento médio da fibra é deficiente, faz-se necessário pelo menos avaliar em conjunto com o comprimento médio, a uniformidade do comprimento e o conteúdo de fibras curtas. Essa variabilidade entre fibras de uma mesma amostra de algodão se verifica para todos os parâmetros de qualidade intrínseca.

Outro ponto fundamental é a representatividade das fibras efetivamente usadas na máquina de medição em relação a amostra global, sabendo que em uma amostra de algodão, pode existir muita heterogeneidade. Assim, para qualquer aparelho, as metodologias de análise são elaboradas conforme o tipo de amostra (amostra de fardo, amostra experimental previamente homogeneizada etc.) e conforme a precisão desejada para a estimativa de cada parâmetro. No caso da classificação por instrumento HVI, os processos (número de pentes e de repetições no colorímetro e no micronaire) foram estabelecidos pela USDA em visto a variabilidade do algodão americano e requerimentos de precisão sobre os principais parâmetros de qualidade intrínseca.

As características intrínsecas da fibra, determinadas por diversos tipos de aparelhos, podem ter mais ou menos de importância para a indústria, em função do tipo de fiação, para a produção de fios ou tecidos com qualidade.

**As principais são as seguintes:**

**Comprimento da fibra.** É a extensão média ou a mais constante ao longo do eixo de um corpo de prova de fibras paralelas previamente preparadas.

**Uniformidade do comprimento da fibra.** Variação existente entre os comprimentos das fibras num corpo de prova, isto é, se os comprimentos têm pouca ou muita variação.

**Resistência à ruptura.** É a força necessária para romper um feixe de fibras.

**Alongamento à rotura.** É a diferença (expressa em percentual) entre o comprimento final e o inicial do corpo de prova submetido a uma força de ruptura.

**Finura:** constitui uma característica complexa, que pode ser definida de um lado como finura "biológica" (perímetro da seção transversal da fibra, diâmetro) ou como finura "gravimétrica" (densidade linear ou massa por unidade de comprimento).

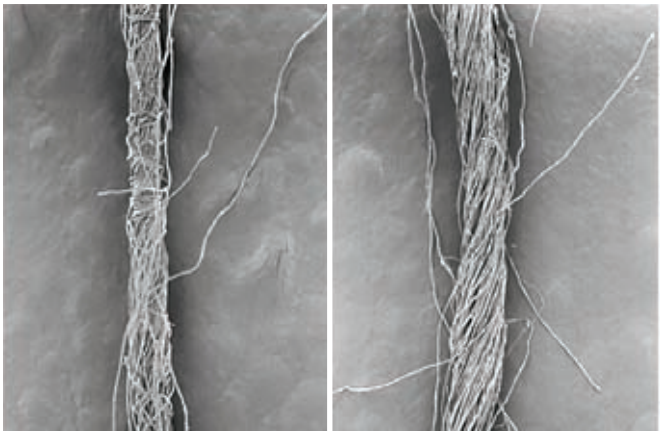
**Maturidade:** é o grau que indica a espessura das camadas de celulose da parede secundária em relação a seu diâmetro.

Todas essas características intrínsecas da fibra são avaliadas com mais ou menos confiabilidade por diversos aparelhos, desenvolvidos ao longo dos anos. Alguns desses são usados apenas em laboratórios de pesquisa; outros, para classificação comercial, por conta de sua velocidade de análise.

Muitos trabalhos de pesquisa foram realizados para mostrar que essas propriedades físicas intrínsecas da fibra são correlacionadas com os parâmetros referenciais da qualidade dos fios e tecidos. Por isso, alguns instrumentos de medição como os HVI calculam um parâmetro chamado de SCI - Spinning consistency index, em base na fórmula a seguir, que de certa forma ira caracterizar o comportamento desse algodão no processo de fiação. Quanto mais alto o valor desse índice, melhor o algodão.

SCI = – 414,67 + 2,90 (tenacidade) – 9,32 (micronaire) + 49,17 (comprimento em polegadas) + 4,74 (índice da uniformidade do comprimento) + 0,65 (reflectância) + 0,36 (amarelamento)

**Fio "open-end"** **Fio de "anel"**



(fotos: E.Hequet- Texas Tech University)

| Prioridade | Rotor/Open End | Prioridade | Ring/Anel |
|---|---|---|---|
| 1 | Resistência | 1 | Comprimento |
| 2 | Finura | 2 | Resistência |
| 3 | Comprimento | 3 | Finura |
| 4 | Limpeza | | |

**Figura 11.** Importância das características da fibra para a indústria, em função do tipo de fiação

Finalmente, está bem consolidada a relação entre as propriedades físicas das fibras com as dos fios e tecidos. Há vários estudos científicos que enumeram por ordem de importância o grau de relação entre as propriedades físicas das fibras e dos fios fiados por tipo de fiação, como exemplo os fios fiados em fiações de filatórios de anéis e de rotores (open-end) (*Figura 11*).

**3. A classificação da fibra de algodão**

A classificação é o ato de determinar a qualidade, que é o conjunto das propriedades intrínsecas e extrínsecas de um produto vegetal, com base em padrões oficiais, físicos ou descritos. A classificação será usada para a comercialização da fibra. O sistema de classificação precisa ser confiável, porque a partir dela será estabelecido o preço de base da fibra, fundamentado num sistema de prémio e deságio, levando em consideração algumas propriedades físicas da fibra.

A classificação dá suporte às indústrias têxteis para selecionar a matéria prima mais adequada ao seu processo e produtos e é base para discussão de preços dessa matéria prima. Por outro lado, para os produtores/beneficiadores, a classificação facilita sobremaneira a colocação do produto no mercado. Atualmente há processos de negociação de compra e venda do algodão em pluma que somente utiliza a análise da classificação tecnológica (HVI). Também há negociações que além da análise da classificação tecnológica, utliliza-se da classificação visual/manual, que é denominada de (take-up). Pode-se concluir, que a classificação visual/manual e a classificação tecnológia se complementam.

Para a classificação da fibra, o Brasil adotou os padrões físicos universais, padrões elaborados nos E.U.A pela USDA.

**3.1 Classificação visual**

Basicamente, a classificação por tipo é baseada sobre critérios do grau de cor (quantidade de reflectância e de amarelamento) e do grau de folha (quantidade e tamanho das partículas de impurezas). É realizada em salas de classificação padronizadas, principalmente em termo de iluminação, e usa os padrões físicos da USDA (*Figura 12*).

(fotos: J.J. de Lima)

**Figura 12.** Classificação visual, e padrões físicos universais - "Good Midding White Color (11), Leaf Grade (1)" e "Good Ordinary White Color (71), Leaf Grade (7)"

O tipo do algodão americano Upland é definido com base em um código numérico de três dígitos, composto por um código numérico de dois dígitos que representa o grau de cor (Color Grade - C.G.), e um código de um dígito que representa o grau de folha (Leaf Grade - L.G.). Esses códigos de identificação do grau de cor e do grau de folha correspondem aos padrões físicos universais e a outros padrões descritivos (*Tabela 1*).

Há oito graus de folha para o algodão, sendo sete com padrões físicos e um com padrão descritivo (*Figura 2*). Cabe ressaltar que o padrão físico do grau de folha está em conjunto com o padrão físico de cor branca para o algodão americano Upland.

**Tabela 1.** Códigos de grau de cor

| Universal American Upland Color Standards | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Grades colors | White | Light Spot (Lt Sp) | Spotted (Sp) | Tinged | Yellow Stained |
| Graus da cor | Branca | Ligeiramente creme | Creme | Avermelhada (tingida) | Manchada de Amarelo |
| Good Middling-GM | 11* | 12 | 13 | -- | -- |
| Strict Middling-SM | 21* | 22 | 23* | 24 | 25 |
| Middling-M | 31* | 32 | 33* | 34* | 35 |
| Strict Low Middling- SLM | 41* | 42 | 43* | 44* | -- |
| Low Middling- LM | 51* | 52 | 53* | 54* | -- |
| Strict Good Ordinary-SGO | 61* | 62 | 63* | -- | -- |
| Good Ordinary- GO | 71* | -- | -- | -- | -- |
| Below Grade- (Below Good Ordinary)- BG | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 |
| * Código **11** | Cor Boa Média - **GM (Good Middling)** | | | | |
| * Código **21** | Cor Estritamente Média - **SM (Strict Middling)** | | | | |
| * Código **31** | Cor Média - **M (Middling)** | | | | |
| * Código **41** | Cor Estritamente Abaixo da Média - **SLM (Strict Low Middling)** | | | | |
| * Código **51** | Cor Abaixo da Média - **LM (Low Middling)** | | | | |
| * Código **61** | Cor Estritamente Boa Comum - **SGO (Strict Good Ordinary)** | | | | |
| * Código **71** | Cor Boa Comum - **GO (Good Ordinary)** | | | | |
| Código **81** | Abaixo de Padrão 71 - **BG (Below Grade - Below Good Ordinary)** | | | | |

**Tabela 2.** Códigos do grau de folha do algodão Padrão American Upland

| Grau de Folha (L.G.) do algodão americano "Upland" de comprimento Curto e Médio | | |
|---|---|---|
| Grau da Folha (L.G.) | Código | Correspondente ao Código de Determinação do Grau de Cor (C.G.) |
| 1 | LG1 | 11 |
| 2 | LG2 | 21 |
| 3 | LG3 | 31 |
| 4 | LG4 | 41 |
| 5 | LG5 | 51 |
| 6 | LG6 | 61 |
| 7 | LG7 | 71 |
| 8 | LG8 | 81 |

Por exemplo, no Brasil o algodão padrão de base é o algodão classificado como 41-4, quer dizer um algodão de grau de cor 41 (SLM- Strict Low Middling, Cor Estritamente Abaixo da Média), e com grau de folha 4.

**2-2 Classificação por instrumentos**

A classificação por instrumentos laboratoriais é realizada com máquinas HVI (High Volume Instruments). Essas máquinas analisam rapidamente as amostras coletadas nos fardos de fibra produzidos nas algodoeiras (*Figura 13*).

A confiabilidade dos resultados de leitura dessas máquinas HVI depende de diversos fatores: - Umidade e temperatura das amostras. As amostras devem ser condicionadas em salas com Temperatura de 20°C +/- 2°C, Umidade relativa: 65% +/- 2%.

- Calibração dos módulos que mensuram e estimam as propriedades físicas das fibras relativas ao comprimento/resistência, índice micronaire, grau de cor (reflectância/amarelamento) e do grau de folha

É de suma importância que todos os laboratórios HVI do Brasil calibrem as máquinas da mesma maneira, a fim de que os resultados de análise de uma amostra sejam equivalentes estatisticamente aos outros laboratórios. A rastreabilidade dos laboratórios brasileiros está sendo realizada pelo Laboratório Central ABRAPA, localizado em Brasília (D.F.). A amostragem de todos os laboratórios associados será de 1% do total das amostras analisadas.

A *Figura 14* apresenta um relatório de análise HVI de fardos comerciais.

A descrição das principais características analisadas pelo HVI é apresentada na *Tabela 3*.

(fotos: J. Lima)

**Figura 13.** Laboratório HVI, com sala de condicionamento de amostras e máquina HVI

UNICOTTON — Versão : V.: 5.047.004 Pág: 1

RESULTADO HVI — Emissão: 06/11/2014 10:28:42

Romaneio: 3008

Produtor: IMAMT - INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODAO | Entrada: 06/11/2014 09:18 | Término: 06/11/2014 10:13

Algodoeira: IMAMT - INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODAO | Fardos no Romaneio: 100 | Fardos Analisados: 100

| Nº FARDO | TR | AREA | UHM | | UI | SFC | STR | ELONG | MIC | RD | +B | COR | SCI | MAT | Categoria |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 99.969.001600 | 8 | 2,03 | 1,18 | 1.3/16 | 83,6 | 8,5 | 28,6 | 9,0 | 3,82 | 69,4 | 8,4 | 521 | 135 | 83 | B - Ótimo |
| 99.969.001601 | 8 | 1,55 | 1,17 | 1.5/32 | 84,7 | 7,1 | 28,0 | 8,2 | 3,55 | 69,7 | 9,4 | 421 | 141 | 83 | C - Padrão |
| 99.969.001602 | 7 | 1,38 | 1,21 | 1.7/32 | 79,5 | 10,7 | 32,7 | 7,3 | 3,62 | 65,0 | 8,5 | 522 | 128 | 84 | D - Abaixo do Padrão |
| 99.969.001697 | 8 | 1,58 | 1,18 | 1.3/16 | 80,8 | 8,1 | 26,3 | 8,5 | 4,24 | 70,3 | 9,7 | 421 | 112 | 84 | D - Abaixo do Padrão |
| 99.969.001698 | 7 | 1,18 | 1,11 | 1.1/8 | 81,5 | 10,0 | 25,8 | 8,4 | 4,02 | 74,2 | 10,5 | 321 | 116 | 84 | D - Abaixo do Padrão |
| 99.969.001699 | 8 | 1,45 | 1,18 | 1.3/16 | 81,7 | 8,6 | 30,0 | 8,0 | 3,25 | 71,8 | 9,6 | 421 | 137 | 82 | D - Abaixo do Padrão |
| MEDIA: | 7 | 1,53 | 1,16 | 1.5/32 | 81,6 | 9,5 | 27,8 | 8,1 | 3,66 | 70,2 | 9,2 | | 125,00 | 83,28 | |
| MÁXIMO: | 8 | 3,29 | 1,28 | 1.9/32 | 85,5 | 18,3 | 32,7 | 10,4 | 4,41 | 80,5 | 11,6 | | 153,00 | 85,00 | |
| MINIMO: | 4 | 0,44 | 1,03 | 1.1/32 | 77,7 | 6,7 | 22,8 | 6,9 | 2,62 | 60,4 | 8,0 | | 89,00 | 80,00 | |
| DESV PADRAO: | 1,070 | 0,589 | 0,043 | | 1,575 | 1,861 | 1,796 | 0,615 | 0,364 | 3,369 | 0,616 | | 12,078 | 1,016 | |
| CV (%): | 14,95 | 38,64 | 3,66 | | 1,93 | 19,51 | 6,45 | 7,63 | 9,93 | 4,80 | 6,70 | | 9,70 | 1,22 | |

**Figura 14.** Relatório de análise HVI (Unicotton, 2014)

**Tabela 3.** Descrição dos principais Itens do protocolo do aparelho HVI

| | |
|---|---|
| **Bale I.D.** | Identificação do fardo (amostra), que normalmente é pelo número do fardo. |
| **SCI** | **Spinning Consistency Index** (Índice de consistência da fiação) - é o valor estimado matematicamente da resistência do fio. |
| **Grade (Gr)** | **Grade – Gr** (Grau) - coluna utilizada para introduzir outros dados via teclado, como por exemplo, a classificação visual **Color Grade – C.G. e Leaf Grade – L.G.** |
| **Mst (%)** | **Moisture - Mst** (Umidade) – é o conteúdo de umidade no algodão. |
| **Mic** | **Micronaire Index - Mic (Índice micronaire) - Complexo finura/maturidade** |
| **Mat** | **Maturity Index - Mat** (Índice de maturidade) |
| **UHML ou UHM** | **Upper Half Mean Length – UHML** – é o comprimento médio da metade superior ou o comprimento médio dos 50% das maiores fibras, expresso em polegada (in) ou em milímetro **(mm)**. |
| **UI (%)** | **Length uniformity index – UI** (Índice de uniformidade do comprimento) – é a relação do comprimento médio dos 100% das fibras (ML) com o comprimento médio dos 50% das maiores fibras **(UHML)**, expresso em percentual. |
| **SF (%) ou SFC** | **Short Fibres Index – SF** (Índice de fibras curtas) – é o conteúdo de fibras menores que 0,5 polegada ou 12,7 milímetros, expresso em percentual. |
| **STR** | **Strenght – Str** (Resistência à rotura) – é a resistência específica ou tenacidade, expressa em **gf/tex**, ou seja, a divisão da força em gramas (gf) pela densidade linear ou título tex **(tex)**. |
| **Elg (%) ou ELONG** | **Elongation – Elg** (Alongamento à rotura) – é quanto o feixe de fibras se alongou até a rotura em relação ao comprimento do corpo de prova inicial, expresso em percentual. |
| **Rd (%) ou RD** | **% Reflectance - Rd** (Reflectância) – é a quantidade de reflectância da luz branca pelas fibras, expressa em percentual. |
| **+b ou +B** | **Yellowness index - +b** (Índice de amarelamento) - é a quantidade de amarelamento da luz refletida pelas fibras. |
| **C Grd ou COR** | **Color Grade - C.G.** (Grau de cor) – é o grau de cor equivalente aos padrões físicos universais, que são memorizados pelo HVI. Sendo o grau de cor determinado pelo cruzamento do valor de reflectância **(%Rd)** com o valor do amarelamento (+b) no diagrama de cor de **Nickerson/Hunter.** |
| **TrCnt** | **Trash Count - TrCnt** (número de lixo ou número de folha) - Conteúdo de impurezas em número de partículas presentes na área total analisada. |
| **TrAr (%) ou AREA** | **Trash Area - TrAr** (Area de lixo) - Área ocupada pelo somatório das partículas de impurezas em função da área total analisada, expressa em percentual. |
| **TrID ou TrGrd** | **Trash Grade** ou **Leaf Grade - TrGrd** (Grau de lixo ou folha) – grau de lixo (resíduo) ou grau de folha estimado pelo instrumento, tendo de referência os padrões físicos universais. |
| **Std. Dev.** | **Stand desviaton - Std. Dev.** (Desvio padrão) – é o desvio médio dos valores ocorridos em relação a média aritmética, expresso em valor absoluto. |
| **C.V.(%)** | **Coefficient of variation** (Coeficiente de variação) – é o desvio padrão expresso em percentual em relação a média. |

O grau de cor é determinado pelo colorímetro do instrumento HVI a partir dos diagramas de cores de Nickerson/ Hunter pelo cruzamento dos valores de Reflectância (%Rd) e de Amarelamento (+b) (*Figura 15*).

Para as principais propriedades físicas analisadas pelo HVI, podemos dar as seguintes classificações e interpretações:

- Comprimento (UHML ou Len). Para um algodão padrão 41-4, o comprimento de referência seria de 35/32" = 1'3/32" (27,8 mm). Em função da tabela de classificação oficial (*Tabela 4*), um algodão de comprimento 1'3/32" seria um algodão com comprimento UHML entre 27,3 e 27,9mm. Abaixo de 27,3mm de comprimento, o algodão poderá sofrer deságio.

(Fonte: USTER SPINLAB, 1991)

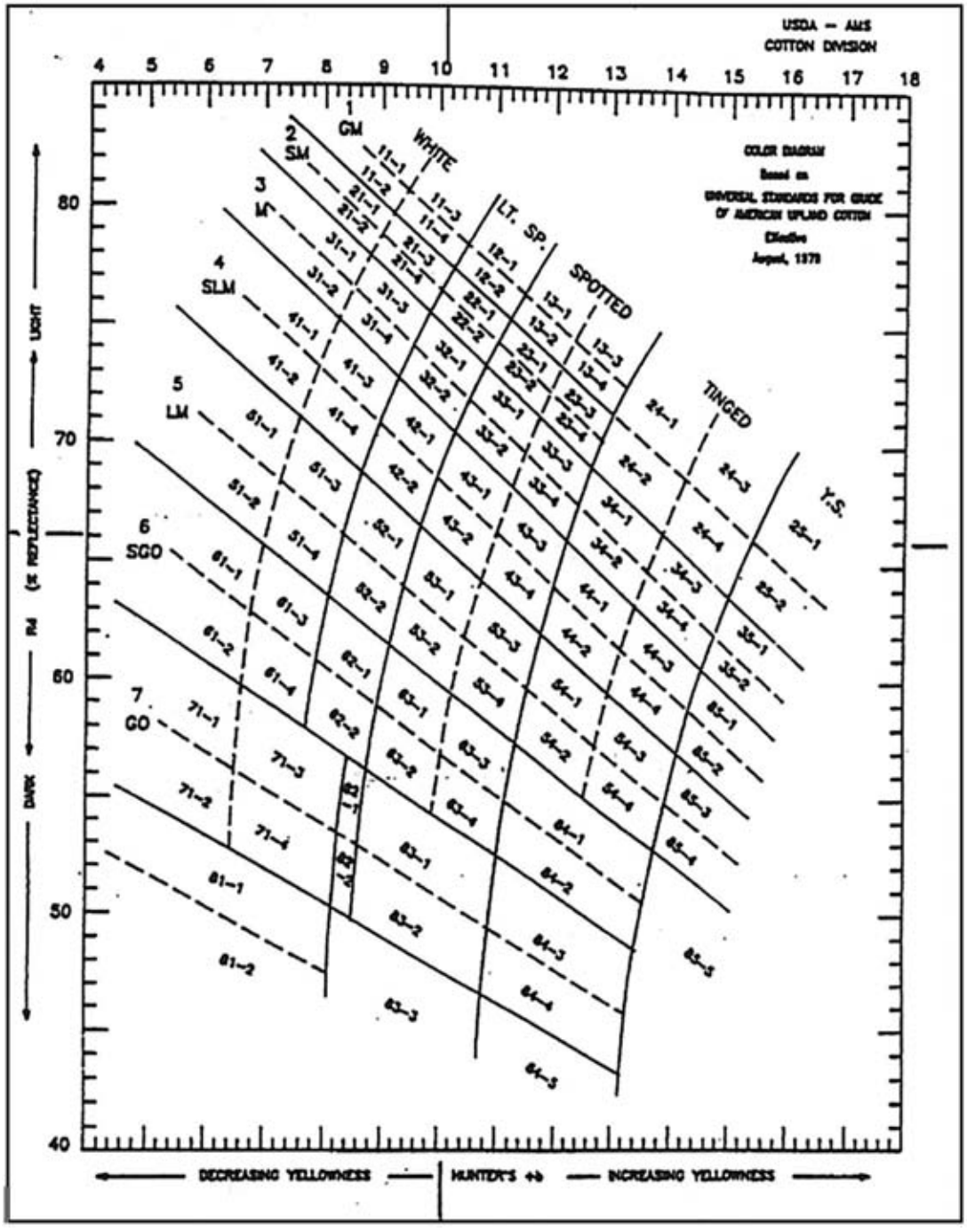



**Figura 15.** Diagrama da cor para o algodão americano "upland" com código de três dígitos. Padrão USDA a partir dos valores de reflectância (% Rd) e o índice de amarelamento (+b)

**Tabela 4.** Código Universal para a determinação do comprimento - Padrões oficiais para o algodão "Upland" dos Estados Unidos da América

| Algodão em Pluma equivalente ao algodão americano "Upland" de comprimento Curto e Médio | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Comprimento de fibra em 32 avos da polegada (*classer's staple*) | | Comprimento de fibra em (*UHML*) mensurado por instrumentos do tipo *HVI* | | Código Universal |
| | | em centésimos da polegada | em décimos do milímetro | |
| 24/32 | Abaixo de 13/16 | 0,79 + curta | 20,1+ curta | 24 |
| 26/32 | 13/16 | 0,80 - 0,85 | 20,2 – 21,6 | 26 |
| 28/32 | 7/8 | 0,86 - 0,89 | 21,7 – 22,6 | 28 |
| 29/32 | 29/32 | 0,90 - 0,92 | 22,7 – 23,4 | 29 |
| 30/32 | 15/32 | 0,93 – 0,95 | 23,5 – 24,2 | 30 |
| 31/32 | 31/32 | 0,96 – 0,98 | 24,2 – 24,9 | 31 |
| 32/32 | 1 | 0,99 – 1,01 | 25,0 – 25,7 | 32 |
| 33/32 | 1.1/32 | 1,02 – 1,04 | 25,8 – 26,4 | 33 |
| 34/32 | 1.1/16 | 1,05 – 1,07 | 26,5 – 27,2 | 34 |
| 35/32 | 1.3/32 | 1,08 – 1,10 | 27,3 – 27,9 | 35 |
| 36/32 | 1.1/8 | 1,11 – 1,13 | 28,0 – 28,7 | 36 |
| 37/32 | 1.5/32 | 1,14 – 1,17 | 28,8 – 29,7 | 37 |
| 38/32 | 1.3/16 | 1,18 – 1,20 | 29,8– 30,5 | 38 |
| 39/32 | 1.7/32 | 1,21 – 1,23 | 30,6 – 31,2 | 39 |

(Fonte: BRASIL. Instrução Normativa nº. 63)

Índice de uniformidade do comprimento (UI): Observe os parâmetros referenciais na *Tabela 5*.

**Tabela 5.** Interpretação dos valores do índice de uniformidade do comprimento (UI)

| Índice de Uniformidade do Comprimento da Fibra (%UI) Algodão em pluma de comprimento curto e médio | |
|---|---|
| **Categoria** | **(%UI)** |
| Muito alta | Acima de 85% |
| Alta | 85 a 83% |
| Média | 82 a 80% |
| Baixa | 79 a 77% |
| Baixa muito baixa | Abaixo de 77% |

(Fonte: USTER, 1999)

Fibras curtas (SFC, SFI, SF): é o conteúdo de fibras curtas, menores que meia (0,5) polegada ou 12,7 milímetros, expresso em percentual. Observe os parâmetros referenciais na *Tabela 6*.

**Tabela 6.** Interpretação dos valores de SFC/SFI/SF

| Conteúdo de fibras curtas Algodão em pluma de comprimento curto e médio | |
|---|---|
| **Categoria** | **% SFI** |
| Muito baixa | Abaixo de 6% |
| Baixa | 6 a 9% |
| Regular | 10 a 13% |
| Alta | 14 a 17% |
| Muito alta | Acima de 17% |

Resistência da fibra à rotura (STR): Observe os parâmetros referenciais na *Tabela 7*.

**Tabela 7.** Interpretação dos valores de Resistência à rotura (STR)

| Resistência da Fibra em gramas - força por tex com garra de 1/8 de polegada Algodão em pluma de comprimento curto e médio | |
|---|---|
| **Categoria** | **Gramas - força por tex (gf/tex)** |
| Muito resistente | 31 gf/tex para cima |
| Resistente | 30 a 29 gf/tex |
| Média | 28 a26 gf/tex |
| Intermediária | 25 a 24 gf/tex |
| Fraca | 23 gf/tex para baixo |

(Fonte: BRASIL. Instrução Normativa)

Alongamento à rotura (Elongation - Elg - %). Observe os parâmetros referenciais na *Tabela 8*.

**Tabela 8.** Interpretação dos valores de Resistência (STR)

| Alongamento à rotura (Elongation - Elg - %). Observe os parâmetros referenciais na tabela 8. | |
|---|---|
| **Categoria** | **Elongation (Elg - %)** |
| Muito baixo | Abaixo de 5,0% |
| Baixo | 5,0 a 5,8% |
| Médio | 5,9 a 6,7% |
| Alto | 6,8 a 7,6% |
| Muito alto | Acima de 7,6% |

(Fonte: USTER, 1999)

Índice Micronaire: Observe os parâmetros referenciais na *Tabela 9*.

**Tabela 9.** Interpretação dos valores do índice micronaire (Mic)

| Índice micronaire (Mic) | |
|---|---|
| **Categoria** | **Índice micronaire** |
| Muito fina | Abaixo de 3,0 |
| Fina | 3,0 a 3,9 |
| Média | 4,0 a 4,9 |
| Grossa | 5,0 a 5,9 |
| Muito grossa | Acima de 6,0 |

(Fonte: USTER, 1999)

O índice micronaire é muito importante para a comercialização da fibra, embora esse critério seja um conjunto de Finura com Maturidade.

- **Maturidade (Mat):** o índice de maturidade estimada pelo HVI é um valor calculado, que envolve os valores de outras propriedades físicas (índice micronaire, resistência e alongamento à rotura). Sabemos que este índice de maturidade ainda não apresenta boa confiabilidade.

### 3.3 Classificação comercial: Preços, ágios e deságios

Cada vez mais, o sistema de classifi-

cação da fibra de algodão é baseado em classificação por instrumentos, com máquinas **HVI**, deixando ainda a classificação de alguns parâmetros para os classificadores avaliarem de forma visual, tal como o modo de preparação e contaminações de materiais estranhos.

Para o estabelecimento do preço da fibra, faz-se necessário conhecer os valores tabelados atuais dos ágios e deságios.

No caso do **mercado interno** (mercado nacional), consulte o site da bolsa brasileira de mercadorias-**BBM** (**http://www.bbmnet.com.br**), no sistema de informações de negócios com algodão em pluma (*Tabela 10*). O tipo - **SLM - Strict Low Middling** (Cor Estritamente Abaixo da Média) de código **41-4**, sendo o algodão de base para estabelecimento dos ágios e deságios.

No caso de **exportação**, os ágios e deságios obedecem às regras do mercado externo (mercado internacional) e são fornecidos pela **ANEA** (Associação Nacional dos Exportadores de Algodão). Para tal, consulte o site da **ANEA** (**http://www.aneacotton.com.br**) ou do **ICA** de Bremen. Veja na tabela 11 e 12 alguns parâmetros de base para preço do algodão no mercado externo. Nesse caso, o algodão tipo - **M - Middling** (Cor Média) - de código **31-4**, sendo o algodão de base para estabelecimento de ágios e deságios.

**Tabela 10.** Ágios e deságios para o mercado interno

| Tipos brancos (white grades) | folha / tipo | 1&2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cor boa média (*good middling*) | 11 | - | - | - | - | - | - |
| Cor estritamente média (*strict middling*) | 21 | 500 | 400 | - | - | - | - |
| Cor média (*middling*) | 31 | 400 | 300 | 250 | - | - | - |
| Cor estritamente abaixo da média (*strict low middling*) | 41 | - | 150 | base | -150 | - | - |
| Cor abaixo da média (*low middling*) | 51 | - | - | -350 | -400 | -500 | - |
| Cor estritamente boa comum (*strict good ordinary*) | 61 | - | - | - | -600 | -650 | -850 |
| Cor boa comum (*good ordinary*) | 71 | - | - | - | - | -1100 | -1200 |
| Abaixo de padrão (*below grade*) | 81 | - | - | - | - | n | n |

(Fonte: BBM)

**Tabela 11.** Prêmios e descontos

**Agio e Desagio / (Premiums & Discounts)**

**Tabela de Ágios e Deságios ANEA**
**Válida a partir de 27/09/2012.**

***ANEA***

Agios Desagios/(Premiums & Discounts)

Valores/(Values): pontos/(points) /lb (US$)

**set/12**
Padrões Universais
(Universal Standards)

| Folha: | 1 & 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TIPOS BRANCOS/(WHITE GRADES) | | | | | | |
| Cor Boa Média/(Good Middling) | 11 | n | n | n | n | n | n |
| Cor Estritamente Média/(Strict Middling) | 21 | 200 | 150 | n | n | n | n |
| Cor Média/(Middling) | 31 | 100 | 50 | Base | n | n | n |
| Cor Estritamente Abaixo da Média/(Strict Low Middling) | 41 | n | -125 | -175 | -275 | n | n |
| Cor Abaixo da Média/(Low Middling) | 51 | n | n | -425 | -475 | -575 | n |
| Cor Estritamente Boa Comum/(Strict Good Ordinary) | 61 | n | n | -675 | -725 | -875 | n |

**Comprimento/(Staple)**

| | MID | SLM |
|---|---|---|
| >1.1/8" | 50 | 0 |
| 1.3/32" | Base | 0 |
| 1.1/16" | -350 | -250 |
| 1.1/32" | -500 | -400 |
| 1" | n | n |

(Fonte: ANEA - Brasil)

**Tabela 12.** Prêmios e descontos

| **Brazilian** (based on Universal Standards | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grade | SM | M | SLM | LM | | Staple | 1.5/32" | 1.1/8" | 1,3/32" | 1.1/16" | 1.1/32" |
| White | 100 | B | -100 | -300 | | | 200 | 100 | B | -150 | - |
| Spotted | -150 | -250 | -350 | -550 | | | | | | | |

(Fonte: ICA-Bremen)

É importante saber como o mercado atualmente valoriza o algodão em relação ao índice micronaire:

- De 3,4 para menor e de 5,0 para maior - Faixa de desconto (deságio)
- De 3,5 a 3,6 e de 4,3 a 4,9 - Faixa básica
- De 3,7 a 4,2 - Faixa superior (ágio)

**3-Considerações finais**

A qualidade da fibra é elaborada a campo. O manejo da lavoura definirá as principais propriedades de qualidade da fibra, qualidade de "tipo" e/ou qualidade intrínseca. Muitas etapas do manejo da lavoura, desde a escolha da variedade até a pré-colheita, podem contribuir para a elaboração dessa qualidade a campo.

Uma vez definida a campo, essa qualidade deverá ser preservada ao máximo ao longo dos processos de colheita e pós- colheita (beneficiamento), a fim de assegurar rentabilidade máxima para o produtor.

Algumas propriedades da fibra, como índice micronaire, tem forte incidência sobre o valor comercial do produto, apesar de não ter obrigatoriamente incidência negativa sobre os processos têxteis. Porém, já que essas características fazem parte dos critérios de comercialização, o produtor terá que enquadrar o máximo que possível a sua produção em função desses critérios.

Enfim, quanto mais se sabe sobre a matéria prima, melhor para vendê-la, comprá-la, processá-la e obter melhores resultados de produtividade na fiação, flexibilidade, qualidade, tempo, custo e rentabilidade.

# A influência da qualidade da fibra de algodão na indústria e sua valorização

**José Antonio Sestren**
FBET

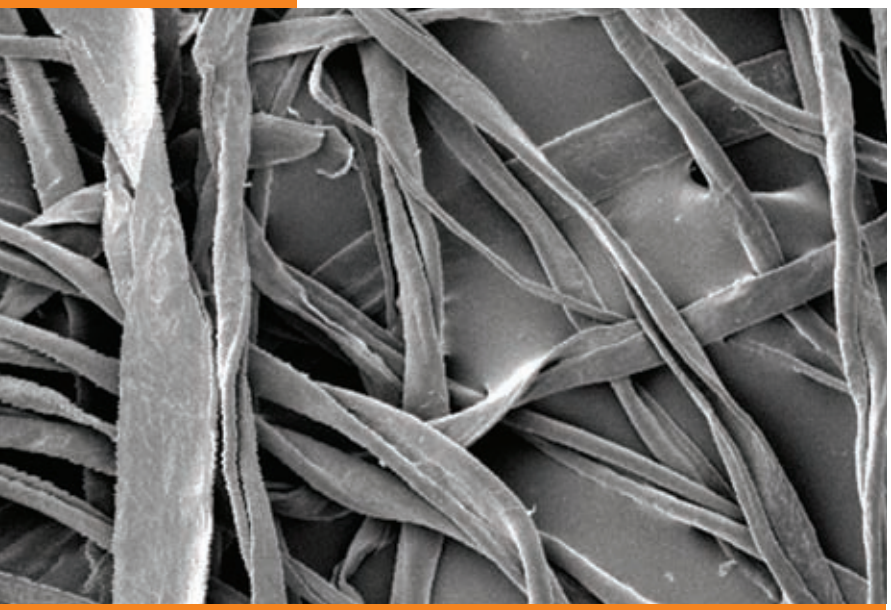
**João Celso**
Orbi Cotton

O algodão é uma fibra natural, portanto, muito heterogênea. Para a indústria, as características do algodão são cada vez mais importantes, pois o mercado exige fios mais finos, e, além disso, as máquinas na indústria têxtil tiveram sua velocidade de trabalho muito aumentada, o que gera uma pressão pela melhoria e análise confiável da qualidade da fibra.

Para os produtores de algodão, a classificação visual e a análise HVI são fundamentais, pois a indústria, aos poucos, vai aumentando a pressão na questão da qualidade. Não podemos esquecer que fatores como área de plantio, colheita e descaroçamento também influem na produtividade da indústria.

## 1. Principais parâmetros de qualidade da fibra de algodão e seus sistemas de avaliação

A fibra de algodão é um pelo na superfície do caroço de algodão, que cresce e apresenta depósitos sucessivos de celulose nas suas paredes secundárias. Finalmente, a fibra que é usada pela indústria é um tubo de celulose que será caracterizado por diversos parâmetros (*Figura* 1).



(Foto: Wikipedia)

**Figura 1.** Fibra de algodão em microscopia eletrônica

Na análise visual, é verificada a condição geral do algodão em pluma. É classificado por tipo, cor e grau de folhas. O tipo é determinado levando-se em conta a cor das fibras e a presença de folhas, o que caracterizará as impurezas e o beneficiamento. Ele é definido pelas duas primeiras letras da classificação (31: Middling-M). Uma terceira letra indica o grau de folha (31-2: Middling-Folha 2). É importante na seleção da matéria-prima a realização do take-up, operação realizada pelo classificador, avaliação complementar da classificação instrumental.

Quanto aos parâmetros intrínsecos, são avaliados no HVI (High Volume Instruments, *Figura 2*) finura, comprimento, uniformidade, resistência, alongamento, fibras curtas, reflexão, amarelamento, color grade, maturidade, quantidade de impurezas, grau de folha etc. Estas informações permitem níveis de controle melhores em armazenagem e seleção, pois medem com precisão as características intrínsecas do algodão

Recomenda-se utilizar o SCI (índice de fiabilidade) para o controle da mistura na indústria. O sistema deve conter parâmetros para cada item especificado quanto aos requisitos de qualidade da fibra. O objetivo é que os fardos que não atendam a essas especificações sejam retirados para não entrarem na mistura.

No beneficiamento do algodão também podemos utilizar o AFIS (Advanced Fiber Information System), visando avaliar a qualidade da fibra, tanto no cultivo como na escolha das variedades. Os resultados do AFIS também otimizam os métodos de colheita automática, do descaroçamento, intervalos de manutenção

e as influências das ajustagens e velocidade. Como explicado em outra parte deste manual, os processos de beneficiamento afetam significativamente as qualidades da fibra, como resumido na tabela 1.

## 2 As qualidades da fibra e sua importância para a indústria têxtil

As características da fibra são fundamentais para o andamento dos processos de fiação e para a qualidade dos produtos obtidos pela indústria. Destacamos, a seguir, quais as principais características da fibra e sua influência no processamento do algodão na indústria.

### 2.1 Incidência da qualidade da fibra no processo de fiação

- Comprimento, finura e resistência são fundamentais para o bom andamento da fiação e da tecelagem.
- Comprimento e uniformidade são características muito importantes para a fiação, tendo em vista que as fibras trabalham com sistemas de estiragem, o que limita o trabalho a uma pequena gama de comprimentos de fibras.
- Fibras na seção transversal do fio: o número mínimo de fibras é 80 para fios de anel e 110 para fios de rotor.
- Impurezas nas fibras: afetam diretamente o índice de imperfeições no fio. Nos filatórios, recomenda-se menos de 3-4 mg de impurezas por grama de fita e 80 partículas devem pesar 4 mg. A relação resistência/alongamento à rotura da fibra e do fio é direta e linear.
- Neps é um grande problema no processo têxtil; nos fios, afeta a qualidade e eleva os índices de rotura na fiação e na tecelagem. Causa a queda na eficiência, aumentando desperdícios e imperfeições nos fios.
- Fibras longas, livres de sujeira e micropó, são necessárias para obter-se bom desempenho na fiação e na tecelagem.
- Como exemplo, sabemos que o capulho tem um baixo índice de fibras curtas (<4%), mas os processos acabam gerando um aumento neste índice, o que cria a necessidade de maior controle nas fiações.

(Foto: USTER)

**Figura 2.** Equipamentos de análise da qualidade da fibra HVI-Uster

**Tabela 1.** Influência do descaroçamento na qualidade da fibra

| Característica HVI | Influência | Como |
|---|---|---|
| Micronaire | não | |
| Comprimento | + | reduz |
| Uniformidade | + | reduz |
| Fibras curtas | + | aumenta |
| Resistência | + | reduz |
| Cor | não | |
| Impurezas | ++ | aumenta ou reduz |
| Neps | + | aumenta |
| Fragmentos de cascas | + | aumenta |
| Preparação | ++ | |

**Tabela 2.** Índice de impurezas na fibra de algodão

| Índice de impurezas | | |
|---|---|---|
| Até 1,2% - Muito pouca | 1,2% a 2,0% - Pouca | 2,0% a 4,0% - Média |
| 4,0 a7,0 Alto | Mais de 7% - Muito alto | |

### 2.2 Incidência da qualidade da fibra para o produto acabado

- O comprimento da fibra é fundamental na aparência do fio.
- Finura e maturidade: afetam muito a aparência. Há também uma forte correlação entre a finura da fibra e a variação da tonalidade nos fios e tecidos tintos.
- Os neps no fio influem na aparência do tecido acabado, especialmente na absorção do corante durante o processo de tingimento, e este efeito negativo do acabamento dificilmente poderá ser reduzido.
- Um dos maiores problemas para a indústria é o barramento (formação de listras no tecido), que é causado por: fibra (70%); variação do título do fio (10%); variação da torção (10%); pilosidade (10%).
- Os barramentos também podem ser causados por variação do micronaire, mistura de algodão de áreas diferentes, mistura de variedades de algodão e mudanças no ciclo de crescimento da planta (*Figuras 3* e *4*).
- Alto C.V.% do micronaire também causa barramento. Na mistura do algodão, deve ser ≤10% e a média entre as misturas deve ser de ≤ 0,1 ponto.

**Figura 3.** Três variedades de algodão na mesma área de plantio

**Figura 4.** Variações ocorridas devido ao índice de fibras imaturas

### 2.3 O controle de qualidade da fibra de algodão na fiação

A importância das características das fibras depende do tipo de fiação. Para a fiação de anéis, por exemplo, as principais características são, por ordem de importância: comprimento, uniformidade, resistência e finura da fibra. Já para a fiação a rotor, as principais são: resistência, finura, comprimento, uniformidade e impurezas.

Durante os processos de transformação, a indústria têxtil realiza controles de diversos parâmetros ligados direta ou indiretamente à qualidade da fibra.

- Analisa a eficiência da limpeza quantitativa e qualitativamente da fibra para evitar perdas.
- Na fiação, um aumento de até 100 neps na sala de abertura é considerado como muito bom. Na maioria dos casos, esse aumento encontra-se entre 100 e 200 neps; acima disso, a fiação precisa reavaliar o processo de limpeza.

- Para uma boa qualidade do fio, a carda deve eliminar entre 70-80% dos neps. Os neps podem ser de dois tipos diferentes: de imaturidade, ou de casca (*Figura 5*). As fiações utilizam o aparelho AFIS para analisar o conteúdo de neps, o tamanho, o tipo de impurezas e o comportamento do comprimento da fibra no processo, desde a matéria-prima até o pavio. Isto permite avaliar e intervir no processo.
- Na compra do algodão, a análise AFIS fornece informações fundamentais para que se possa cumprir com as exigências de qualidade. Estes resultados também são determinantes na composição da mistura do algodão.

**3. Principais características do fio e consequência em tecelagem**

A análise de fios é fundamental para manter a qualidade final da fiação. No processo de fiação, há muitos pontos que interferem diretamente na qualidade.

**Muitas análises são realizadas no fio:**

- **Título** - Análise do peso em gramas/1.000 m de fio.
- **Torção** - Análise do número de torções/metro.
- **Resistência** - Teste que determina a resistência e o alongamento do fio.
- **Regularidade** - Análise da variação da massa, dos pontos finos, pontos grossos, neps e a pilosidade do fio. Este teste possibilita prever a qualidade final do tecido.
- **Defeitos pouco frequentes** - teste que determina a quantidade de "buchas" no fio.
- **Coeficiente de atrito** - teste que determina o atrito gerado pelo fio no desenrolamento.

Obs.: em todos os índices, é importante a análise do coeficiente de variação.

A pilosidade (*Figura 6*) exerce grande influência na aparência do tecido. Variações de pilosidade entre bobinas resultam em listras no sentido da trama, no tecido plano, ou aparência enevoada, no tecido de malha.

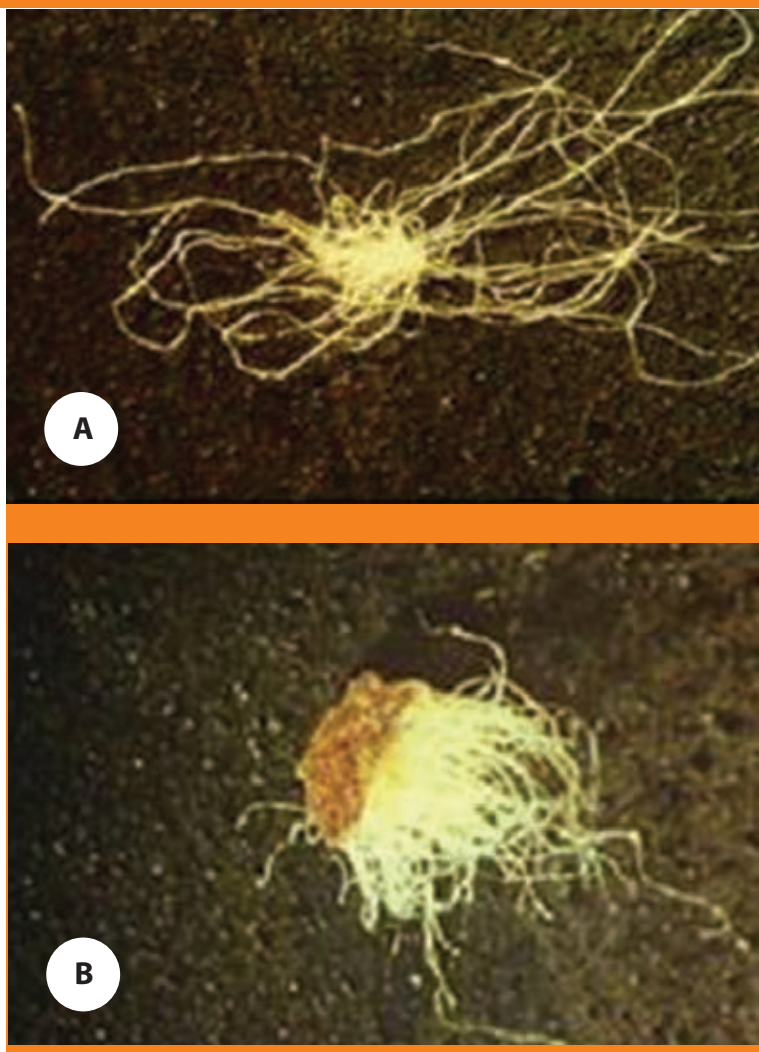



**Figura 5.** Dois tipos de neps: neps de imaturidade (A) e neps de casca (B)

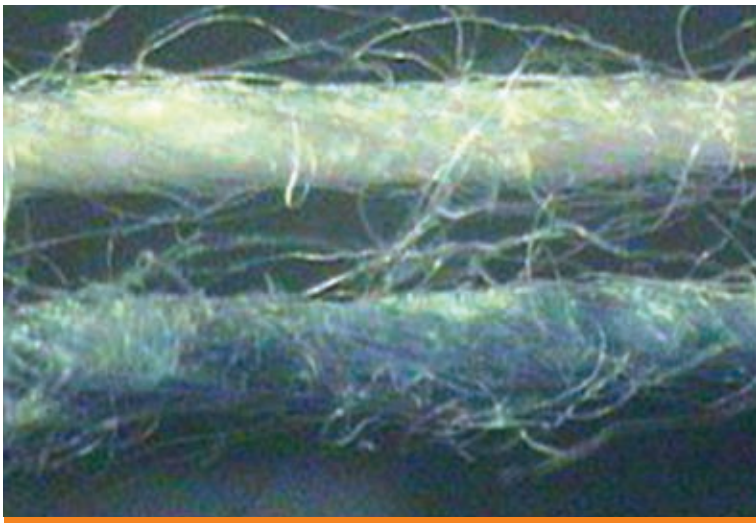


**Figura 6.** A pilosidade está se tornando cada vez mais importante no que tange às condições operacionais, tendo em vista o aumento nas velocidades dos processos têxteis. Pilosidade >7% e variando entre embalagens pode produzir listras nos materiais de uma só cor.

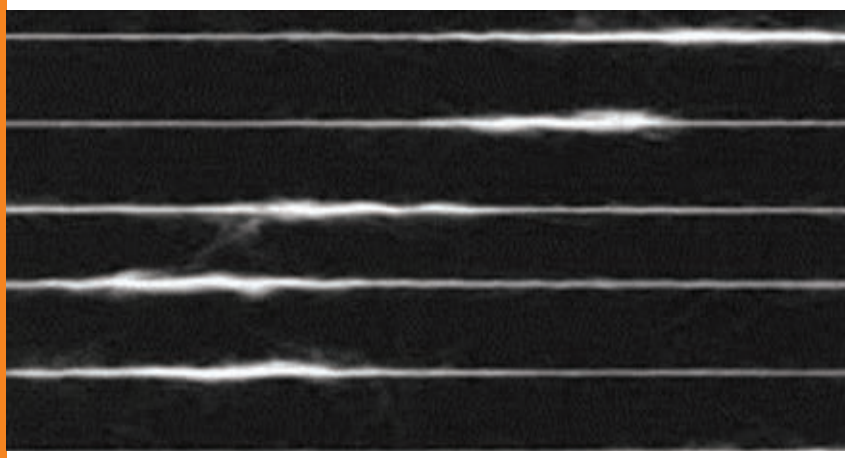


**Figura 8.** Os defeitos pouco frequentes no fio têm influência direta na produtividade da preparação da tecelagem e na aparência do tecido.

As qualidades do fio terão incidência sobre os processos de tecelagem. Por exemplo, a parada de trama é um ponto importante na avaliação da qualidade dos fios. As tecelagens de alta produção exigem menos de uma ruptura para cada 100.000 m de fio. A preparação à tecelagem e a tecelagem exigem muito do fio. Em função disso, a resistência e sua variação, além do alongamento, interferem muito no andamento dos fios de urdume.

Para a malharia, o fio precisa apresentar alongamento e elasticidade uniformes. Pontos finos e/ou pontos grossos causam paradas, buracos na malha ou até agulhas quebradas. Filatórios e teares de alta velocidade impõem muitos esforços sobre as fibras têxteis, afetando negativamente a resistência e o alongamento. A eficiência de um tear de alta velocidade será sempre menor que a de um tear mais lento, trabalhando ambos nas mesmas condições. Para se ter eficiência igual nos dois teares, o de alta velocidade precisa ser alimentado com fio de menor índice de rotura.

## 4. Valorização comercial da fibra

O mercado tem visto com bastante simpatia que a classificação de algodão no Brasil tem evoluído sistematicamente nos últimos anos, propiciando aos consumidores uma acuidade cada vez

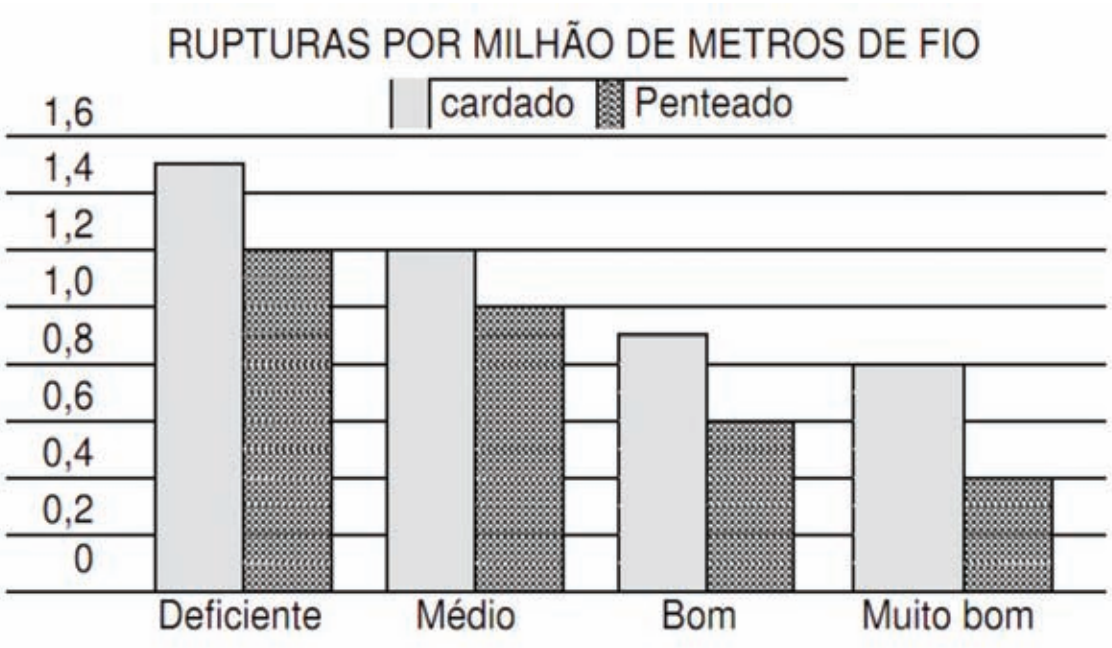



**Figura 7.** *Incidência da qualidade do fio sobre os processos de tecelagem*

maior nos resultados medidos, tanto visualmente como pelo auxílio de instrumentos. É raro hoje que uma fiação, localizada no exterior ou no mercado interno, venha a adquirir algodão para seu consumo sem verificar previamente os resultados do produto.

O mercado também tem demonstrado que a qualidade física do algodão (tipo, cor, impurezas, etc.) deve ser proporcional à qualidade intrínseca da fibra encontrada pela medição tecnológica. Assim, o mercado não admite que um algodão de boa qualidade física, por exemplo, um algodão tipo 31-2, tenha características ruins de fibra, como alto índice de fibras curtas, presença exagerada de neps ou um comprimento da fibra que não possibilite sua utilização em fiações cardadas ou penteadas que produzam fios médios e finos.

Muitas vezes, desejando produzir algodão de melhor qualidade em termos de tipo, o beneficiamento acaba, involuntariamente, prejudicando a fibra do algodão, principalmente em função da velocidade empregada no processo, o que provoca excesso de atrito na fibra. O resultado é um algodão limpo, mas com características de fibra muito pobres. Isto se revela no comprimento (UHML), no alto índice de fibras curtas (acima de 10%) e na excessiva presença de neps. Esse algodão, embora mais limpo, acaba rejeitado pelos compradores e é vendido por preço depreciado. Em outras palavras, o produtor perdeu rendimento de fibra na algodoeira para limpar o algodão e não conseguiu o ágio esperado na venda de um tipo mais limpo.

Essas características de tipos finos, mas com resultados pobres em termos de fibra, aparecem quando são feitas as análises nos laboratórios equipados com HVI. Porém, quando a medição do laboratório aponta o problema, a algodoeira já produziu uma quantidade enorme de fardos. Isto porque, na melhor das hipóteses, o resultado do laboratório só vai mostrar a realidade alguns dias após o beneficiamento. Uma dificuldade adicional é que as amostras precisam ser climatizadas, nos laboratórios, durante 24 ou 48 horas antes das análises, o que atrasa mais ainda o conhecimento do resultado e, sobretudo, impede que medidas corretivas sejam implementadas a tempo na usina de beneficiamento.

As indústrias mundial e nacional têm regularmente reclamado desse aspecto negativo do algodão brasileiro, o que pode impedir que o nome do produto nacional atinja toda a referência de qualidade para o qual tem potencial. O Brasil foi um dos primeiros países do mundo (depois dos Estados Unidos) a fornecer os resultados intrínsecos do algodão, o que, em determinado momento, gerou uma vantagem competitiva. Essa vantagem pode agora ser perdida se não houver uma melhora significativa nos resultados de qualidade, em especial no que se refere ao comprimento da fibra, neps e índice de fibras curtas.

Para expandir seu mercado e atender às necessidades de qualidade do algodão brasileiro, é necessária a melhoria nos resultados de fibra citados acima.

# Valorização dos coprodutos do algodão

**João Paulo Saraiva Morais**
Embrapa Algodão

**Everaldo Medeiros**
Embrapa Algodão

**Jean Louis Belot**
IMAmt

No processo do beneficiamento do algodão, as fibras são removidas e o caroço surge como um coproduto. Na safra 2013/2014, foram produzidas 2,55 milhões de toneladas de algodão em caroço no Estado de Mato Grosso, que renderam 1,0 milhão de tonelada de pluma de algodão e 1,54 milhão de toneladas de caroço. Assim, o caroço se torna o maior coproduto do cultivo algodoeiro.

Mas o algodão em caroço é levado na algodoeira com sujeira, pedaços de folhas, cascas, ramos, que serão eliminados em diversos processos, gerando volumes significativos de "casquinha". Em outras etapas do beneficiamento, outros tipos de impurezas serão gerados, em quantidade menor, como "motes" e fibrilas.

Nas algodoeiras, esses coprodutos podem ser valorizados de diversas maneiras;

**Casquinhas:** Geralmente é vendido para o gado. Pode ser usado para produção de "compostos" (*Figura 1*) ou adubos organominerais após processos de compostagem. Cf. CT11/2014 do IMAmt sobre "Compostagem de subprodutos das algodoeiras".

Algumas fazendas confeccionam com as casquinhas briquetes compactadas para uso em fornos de secadores no lugar da lenha. Prensas para fabricação dessas briquetes, inclusive a partir de outros tipos de resíduos, são comercializadas por diversas empresas. O poder calorífico desse material é dado na *Tabela 1*.

**Caroço:** Geralmente é vendido a granel, para alimentação animal ou para in-

(Foto: Elio Torre)

**Figura 1.** Composto feito a partir de casquinhas de algodão e outras matérias primas

(Fotos: Biomax)

**Figura 2.** Prensa para fabricação de briquetes a partir de casquinhas de algodão ou de outros resíduos

**Tabela 1.** Poder calorífico de briquetes fabricadas com diversos resíduos

| PRODUTO | Tipo de resíduo | Poder calorífico superior [kcal/kg] | Peso específico [kg/m³] | Peso a granel [kg/m³] | Umidade |
|---|---|---|---|---|---|
| BRIQUETE | CASCA DE ARROZ | 3.800 | 1100 | 650 – 700 | 12% |
| | CASCA DE CAFÉ | 4.100 | 1100 | 650 - 700 | 12% |
| | RESÍDUOS DE ALGODÃO | 4.300 | 1100 | 650 – 700 | 12% |
| | RESÍDUOS DE PINUS | 4.600 | 1170 | 700 – 750 | 12% |
| | BAGAÇO DE CANA | 4.700 | 1100 | 650 – 700 | 14% |
| | RESÍDUOS MADEIRA DE LEI | 4.900 | 1200 | 750 – 800 | 12% |
| | RESÍDUOS DE EUCALIPTO | 4.800 | 1180 | 720 – 780 | 12% |
| LENHA COMERCIAL | - | 2.200 a 2.500 | 600 | 350 – 400 | 25 – 30% |

(Fonte: Biomax)

dústrias de esmagamento, para produção de óleo e diversos outros produtos.

Visando agregar valor ao caroço, diversos processos podem ser contemplados. Porém, uma análise econômica deve ser feita caso a caso para determinar tanto o custo de investimento quanto as taxas de retorno no investimento das usinas para garantir o aproveitamento integral e local do caroço de algodão. Mas, provavelmente, nas regiões produtoras de algodão, a abundância da oferta do caroço e a demanda pelos produtos que podem dele ser obtidos justificam esse investimento, já que aumentam as divisas geradas ao longo da cadeia produtiva do algodão.

Algumas fazendas equiparam-se com prensas, a fim de extrair óleo bruto de algodão, tentando agregar valor, comercializando o óleo e a torta gorda (*Figura 3*).

(Foto: Jean Louis Belot)

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 3.** Prensa equipando uma algodoeira para extração de óleo bruto e produção de torta gorda

No passado, algumas algodoeiras investiram em deslintadeiras mecânicas no Paraná, a fim de remover o línter e deixar o caroço quase totalmente "pelado". Essas máquinas antigas eram muito exigentes em energia, e o valor do línter não compensava o investimento, o que as pôs em desuso. Essa etapa de deslintamento é realizada atualmente com máquinas de grande capacidade posicionadas nas unidades de esmagamento, trabalhando com caroço de algodão. Removendo o línter do caroço, na etapa posterior de esmagamento, é possível obter-se um maior rendimento de óleo e uma torta mais rica em proteína, já que o línter contaminante não reabsorverá parte do óleo extraído.

De modo geral, o caroço "bruto" que sai das algodoeiras é vendido para a indústria e servirá para a confecção de diversos coprodutos. Principalmente, são três, com mercados já bem definidos: o línter, o óleo e a torta.

**O línter:** O línter de algodão é formado por fibras curtas, um pouco mais grossas que as da pluma de algodão. Comumente, é uma fibra curta demais para ser empregada na fiação, embora possa, eventualmente, ser usada para produção de fios grossos e cordas, por ser mais barato que a pluma. Normalmente, representa entre 6% e 8% da massa do caroço.

Ele é constituído por cerca de 80% de celulose, praticamente sem lignina, nem minerais contaminantes, o que o torna uma fonte atraente de celulose. Por essas características, ele necessita de menos etapas de branqueamento, que podem ser mais brandas que as aplicadas na celulose de madeira. Normalmente, o línter é usado para a produção de papéis especiais (papel-moeda, papel-passaporte, papel-identificação, papéis médicos e laboratoriais), derivados de celulose (acetato de celulose, nitrocelulose, carboximetilcelulose), celulose regenerada (viscose). Recentemente, a pureza de celulose e elevada cristalinidade em relação a outras fontes típicas de celulose, como madeira de pinheiro ou de eucalipto, vêm tornando o línter uma matéria-prima interessante para a produção de nanocristais de celulose e de celulose nanofibrilada, que, por sua vez, são empregadas como insumos em diversas indústrias, como dispositivos eletrônicos, telas, sensores miniaturizados, embalagens.

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 4.** As diversas partes de um caroço de algodão

Industrialmente, são produzidos até três tipos de línter: primeiro corte (o mais limpo), segundo corte (qualidade intermediária) e terceiro corte (com grande contaminação de resíduos da casca do caroço). A diferença entre esses graus de pureza é determinada pela proximidade do ajuste das serras, em máquinas similares aos descaroçadores. Quanto mais rente for o corte da fibra do línter, mais sujidades acompanharão as fibras. A indústria química normalmente comercializa línter de primeiro e segundo corte, pois a contaminação de caroço no terceiro corte leva à perda do diferencial da celulose do línter em relação à madeira. Após a retirada do caroço, os flocos de línter podem ser enfardados e manuseados como fardos normais de algodão.

**O óleo:** O óleo de algodão representa de 14% a 28% da massa do caroço, dependendo do cultivar plantado. É composto principalmente por ácidos insaturados (ácido mirístico, ácido palmítico, ácido esteárico) e outros compostos, sendo normalmente obtido por prensagem a quente, embora também seja possível obtê-lo por extração via solventes (hexano).

(Foto: Everaldo Medeiros)

**Figura 5.** Óleo de algodão não refinado

A composição química do óleo de algodão, com alto teor de antioxidantes naturais, confere a ele maior estabilidade à oxidação e à deterioração, em comparação a outros óleos vegetais e gorduras animais.

O óleo de algodão é um óleo industrial que pode ser usado tanto para fins alimentares quanto não alimentares. Nos Estados Unidos, desde o século XIX, até a década de 1940, foi a principal fonte de óleo alimentar vegetal, sendo então superado pelos óleos de soja e de milho. No Brasil, atualmente, a produção de óleo de algodão é apenas superada pela de óleo de soja. Há estudos que mostram que o óleo de algodão pode ser usado na alimentação humana, baixando os níveis de colesterol. O maior uso industrial dele é para a produção de biodiesel. Tanto o óleo usado como alimento quanto o usado para produção de biodiesel necessitam de etapas prévias de refino para a eliminação de componentes indesejáveis como, por exemplo, o gossipol.

O gossipol é um componente secundário do óleo de algodão, com diversas atividades biológicas. Ele pode apresentar toxicidade em pessoas e animais. Pode causar danos ao fígado, anemia, afetar a tireoide e provocar edemas e danos ao coração se ingerido em doses elevadas. Também pode diminuir a produção de espermatozoides em machos, o que permite seu uso como contraceptivo masculino.

**A torta:** A torta de algodão é a denominação dada à massa sólida que fica após a extração do óleo. O rendimento de torta varia em função do rendimento da extração de línter e de óleo, variação essa que depende tanto de fatores relativos às variedades plantadas quanto dos ajustes das máquinas usadas nessas etapas. Geralmente, a torta apresenta 41% de proteína, embora possa chegar a 44%.

(Foto: Jean Louis Belot)

**Figura 6.** Glândula de gossipol na amêndoa do caroço de algodão (pontos pretos)

(Foto: Everaldo Medeiros)

**Figura 7.** Torta de algodão comercializada para alimentação animal

Tradicionalmente, a torta tem sido usada como fonte de proteína na ração animal. É empregada na formulação de rações para gado, porcos, aves, carneiros e, mais recentemente, peixes.

O óleo de algodão pode ser refinado para eliminação do gossipol; a torta, porém, normalmente não sofre um processamento posterior para eliminação da substância residual. Dessa forma, o processamento que use calor, como prensagem a quente, desintoxica a torta de algodão de uma grande parte do gossipol residual. Quando usada em formulação de dietas, a torta de algodão pode levar o animal a apresentar rendimento em parâmetros (como peso da carcaça e teor de proteína) comparável à soja, dependendo do animal e da fase em que ele recebe essa alimentação. Como a proteína e o óleo estão geralmente combinados na torta, ao serem ingeridos por animais ruminantes, provocam uma liberação lenta no rúmen, o que previne a intoxicação por excesso de gordura.

O teor residual de óleo e de carboidratos na torta de algodão, associado ao conteúdo proteico e à alta quantidade de fósforo, comumente estimula o uso da torta para a formulação de rações para animais em lactação, como vacas leiteiras e gado de corte. Uma torta que tenha passado pelo processo de deslintamento tem um teor, em massa, maior de proteína e óleo, o que a torna mais atrativa para o mercado de rações, podendo receber um preço maior.

Com preço elevado, o caroço é mais que um coproduto do cultivo, representando uma receita significativa para o cotonicultor. Existem alguns caminhos para valorizar melhor o caroço ou outros subprodutos do cultivo, mais uma análise econômica deve ser feita caso a caso para determinar a viabilidade do investimento.